Г. Б. Богатов



Достижения и задачи современного телевидения



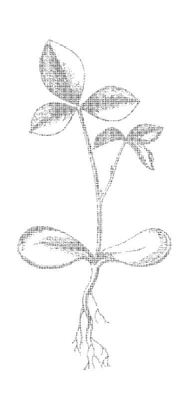
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 425

Г. Б. БОГАТОВ

ДОСТИЖЕНИЯ И ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В книге рассмотрены вопросы развития телевизионного вещания, пути совершенствования телевизионных приемников, проблемы цветного и объемного телевидения и ряд других вопросов.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей, знакомых с основами телевизионной техники.

6Ф3 *Богатов Геральд Борисович*
Б 73 **Достижения и задачи современного телевидения.** М. — Л., Госэнергоиздат, 1961.
425 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 176.

6Ф3

* * *

Редактор *Ю. А. Шумихин* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в набор 16/VI 1961 г. Подписано к печати 26/IX 1961 г.
Т-11312. Бумага $84 \times 108^1/_{32}$ 9,02 печ. л. Уч. изд. л. 10,4
Тираж 50 000 Цена 42 коп. Зак. 338

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

РАЗВИТИЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Глубокий интерес к событиям внутренней и международной жизни и возросший культурный уровень советских людей требуют не только обеспечения местным телевизионным вещанием наиболее густонаселенных районов страны, но и возможности повсеместного приема телевизионных программ центрального телевизионного вещания, возможности обмена телевизионными программами между крупными городами, возможности обмена телевизионными программами и с зарубежными телецентрами.

Развитие техники телевидения, рост экономического могущества нашей страны достигли такой ступени, когда становится разрешимой проблема обеспечения высококачественными телевизионными программами любых мест, где имеются более или менее значительные группы населения, включая самые отдаленные уголки нашей необъятной Родины.

Трудность решения этой проблемы обусловлена необходимостью передачи широкого спектра частот телевизионного сигнала (от 50 *гц* до 5—6 *Мгц*). Передача такой широкой полосы частот возможна только на ультракоротких волнах, радиус распространения которых ограничен пределами прямой геометрической видимости. Широкий спектр частот телевизионного сигнала исключает (при обычных методах передачи) также возможность передачи видеосигналов по обычным проводным линиям связи.

Дальность телевизионного вещания может быть увеличена:

1) созданием технических средств, позволяющих телезрителю принимать сигналы отдаленных телевизионных центров на свой телевизор; 2) ретрансляцией, при которой с помощью специальной аппаратуры телевизионный сигнал переносится из телецентра одного города в телецентр

другого; 3) пересылкой подвергшихся консервации (записи) программ одного телецентра телецентрам других городов.

Развитие передающей телевизионной сети

Уверенный прием телевизионных передач на серийные телевизоры со стандартными антеннами возможен в пределах прямой геометрической видимости между передающей и приемной антеннами. По мере подъема передающей и приемной антенн над поверхностью Земли расстояние прямой геометрической видимости возрастает. Приемная антенна не может быть поднята на большую высоту, поэтому антенны передающих телевизионных станций устанавливают на высоких мачтах. Так, например, антенны Большого московского телевизионного центра будут подняты над уровнем земли примерно на 520 *м*. Башня будет сооружена недалеко от Выставки достижений народного хозяйства. Нижняя часть башни строится из монолитного предварительно напряженного железобетона (рис. 1). Диаметр основания башни составит 65 *м*. Постепенно сужаясь, железобетонная часть ее поднимется до высоты 384 *м*. Верхняя часть башни будет иметь вид конусообразной стальной трубы, на которой будут укреплены антенны передающей станции.

На одиннадцати этажах нижней зоны башни (до высоты 50 *м*) будет размещено все основное оборудование для передачи четырех программ телевидения и шести программ радиовещания на ультракоротких волнах. На высоте 120—140 *м* расположатся оконечные пункты радиорелейных линий для междугородного и международного обмена телевизионными программами. Выше (на высоте 250 *м*) будет установлено оборудование, предназначенное для приема и дальнейшей ретрансляции сигналов передвижных телевизионных станций.

В верхней части железобетонного ствола (на высоте 340—360 *м*) разместится оборудование для передачи пятой телевизионной программы.

Радиус уверенного приема всех программ Большого московского телецентра будет равен 120—150 *км* (в настоящее время он составляет 60—70 *км*), т. е. площадь зоны уверенного приема увеличится в 4—5 раз. Это будет достигнуто не только за счет подъема передающих антенн на большую высоту, но и за счет значительного увеличения мощности передатчиков сигналов изображения и звукового сопровождения.

Задача увеличения площади территорий, обслуживаемых телевизионным вещанием, решается строительством телецентров в крупных городах и установкой ретрансляционных установок в прилегающих к этим городам населенных пунктах.

В состав телецентра, помимо ультракоротковолновой передающей радиостанции, входят студийные помещения, в которых происходят спектакли и концерты для телевизионного показа, аппаратные, в которых помещены телевизионное оборудование и аппаратура для передачи кинофильмов, дикторские помещения, костюмерные, склады декораций, артистические комнаты и т. п.

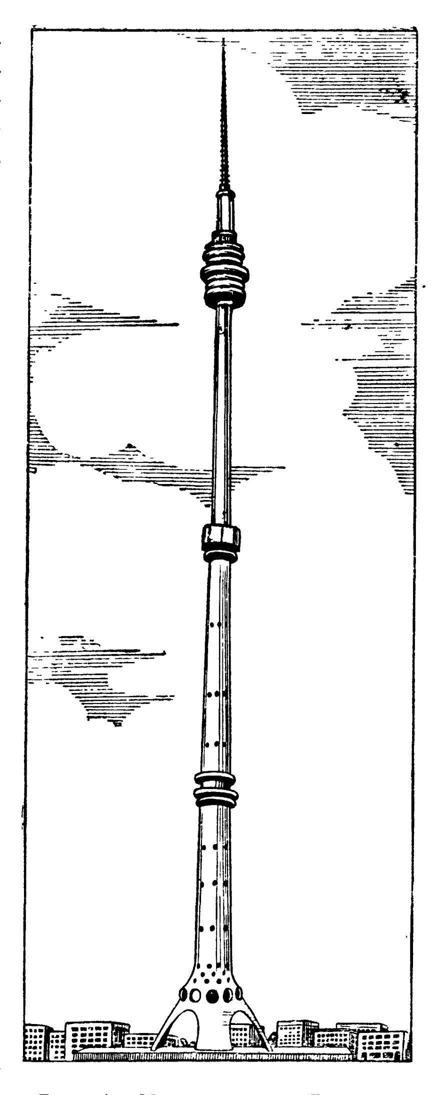


Рис. 1. Макет башни Большого московского телевизионного центра.

Для обеспечения ведения многопрограммного вещания и возможности консервации (сохранения) передач в крупных телецентрах имеется несколько студийных помещений. Так, в реконструируемом Московском телецентре к существующим добавляется еще 10—12 новых телевизионных студий площадью 1 000, 600, 300 и 150 *м*². Часть из них будет объединена в концертные и театральные блоки, что позволит создавать специальные телевизионные постановки, осуществить показ больших ансамблей и массовых сцен. Завершены работы первой очереди строительства Большого московского телецентра.

Строительство второй очереди Большого московского телецентра, основным сооружением которого явится высотная башня, намечено начать в 1962 г. В этом телецентре, кроме средств для создания пяти ежедневных телевизионных программ, будет осуществлено производство телевизионных фильмов с объемом до 1 000 *ч* в год и размножением копий в объеме 100 шт. Таким образом, Московский телевизионный центр станет поставщиком записей телевизионных программ для других телецентров страны.

Уже сейчас Московский телецентр производит передачу двух черно-белых программ. С января 1959 г. производится передача и третьей (опытной) цветной программы.

В 1961 г. будет введен в эксплуатацию один из самых крупных телецентров в стране — Ленинградский телецентр. Он будет передавать три телевизионные программы, одна из них — цветная. На этом телецентре будет сооружена мачта высотой 321 *м*. У ее основания разместятся телевизионные передатчики большой мощности.

Крупный, внеклассный телецентр будет построен также в Таллине.

С целью осуществления записей телевизионных программ, записей хроникальных материалов соответствующим оборудованием снабжаются также телецентры Ленинграда, столиц союзных республик, Свердловска, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Куйбышева, Краснодара, Владивостока и других городов.

В небольших городах оборудование телецентра ограничено. В зависимости от условий применения телецентров в таких городах разработаны типовые проекты телевизионных центров и ретрансляционных станций различных классов. Телецентры второго класса оборудованы двумя студиями различной площади (300 и 60 $м^2$) и передающими станциями мощностью 5/2,5 *квт* (числитель дроби показывает мощность радиопередатчика сигналов изображения, знаменатель — мощность передатчика сигналов звукового сопровождения), телецентры третьего класса имеют одну студию площадью 200 $м^2$ и передающие станции мощностью 2/1 *квт*, телецентры четвертого класса будут иметь малый объем, упрощенное телевизионное оборудование и одну студию площадью 50—80 $м^2$. Каждый из этих телецентров имеет оборудование, предназначенное для передачи кинофильмов.

Большой популярностью у населения пользуются внестудийные телевизионные передачи из театров, со стадио-

нов, заводов и т. д. Для производства этих передач телецентры оснащаются комплектами портативной передвижной аппаратуры, устанавливаемой обычно на автобусах. Одним из блоков подобной передвижки является радиопередатчик небольшой мощности, работающий обычно на волнах сантиметрового диапазона. Сигналы этого передатчика с помощью остронаправленной антенны передаются на приемную установку, расположенную на телецентре, и оттуда подаются на передатчики телецентра.

В последнее время все большее распространение получают портативные репортажные телевизионные камеры небольшого веса, с автономным питанием, не связанные с передвижной телевизионной станцией кабелем. Так, например, в репортажной телевизионной установке типа АРТУ аппаратура размещается в легковой автомашине. Она предназначена для репортажа с улиц, площадей, шоссе при движении машин со скоростью до 5 *км/ч* по отношению к передаваемому объекту. Сигнал с АРТУ передается на приемник, устанавливаемый на передвижной телевизионной станции, а последней — на телевизионный центр.

Для проведения репортажа непосредственно с места событий найдет применение ранцевая телевизионная установка типа РТУ. Эта установка также рассчитана на совместную работу с передвижной станцией и может находиться от последней на расстоянии до 500 *м*. Установка РТУ состоит из портативной телевизионной камеры на трубке типа видикон и заплечного ранца с передающей аппаратурой, источниками питания и генераторами развертывающих колебаний. Эту установку может переносить 1 человек. Передающая камера весит немногим более 2 *кг*. Питание установки производится от серебряно-цинковых аккумуляторов. Вес всей установки не превышает 16 *кг*.

Внестудийное вещание осуществляется не только с помощью передвижных телевизионных станций, но также из стационарных трансляционных пунктов с постоянно установленным оборудованием и широко разветвленной сетью кабелей для включения телевизионных камер.

При наличии в стране густой сети телецентров осуществить вещание на одних и тех же волнах нельзя, ибо при некоторых условиях, кроме сигналов местной станции, телевизионный приемник может принимать еще сигналы других телецентров и наблюдение изображений окажется невозможным. Во избежание искажений соседние телевизионные станции работают на разных волнах. В нашей

стране для этой цели выделено 12 телевизионных вещательных каналов. Однако даже наличие для телевизионного вещания 12 частотных каналов может в будущем оказаться недостаточным. Развитие цветного телевидения и многопрограммного телевизионного вещания потребует освоения новых диапазонов.

В Советском Союзе в конце 1960 г. действовали 87 программных телевизионных центров, 19 больших ретрансляционных телевизионных станций и большое число — свыше 200 — маломощных телевизионных ретрансляционных установок и любительских телевизионных центров. В ближайшие годы число телевизионных центров значительно возрастет и к концу 1965 г. достигнет 170. Кроме того, вокруг крупных телецентров будет построено в радиусе 100—120 *км* много маломощных автоматических ретрансляционных установок. Ими будет обеспечено сплошное покрытие телевизионным вещанием густонаселенных районов страны.

Намечается реконструкция всех действующих телевизионных центров в столицах союзных и автономных республик с целью перевода их на двухпрограммное телевизионное вещание с возможностью сопровождения этих программ на национальном и русском языках. Реконструкцию и строительство новых двухпрограммных телецентров намечено осуществить постепенно, начиная с 1962 г.

С 1961 г. все основные телевизионные центры и ретрансляционные станции, транслирующие программы этих телецентров, будут работать ежедневно, без выходных дней.

Планируется значительное увеличение продолжительности телевизионного вещания в Москве, Ленинграде, столицах союзных республик и других городах. Так, например, в Москве объем ежедневного телевизионного вещания будет составлять по трем программам 11 *ч*, в то время как в 1960 г. он составлял 9,4 *ч* в сутки. В 1965 г. в Москве намечается ежедневный объем вещания по трем программам 25 *ч* в сутки.

В столицах союзных и автономных республик среднесуточный объем телевизионного вещания возрастет с 4 *ч* в день в 1960 г. до 8 *ч* в 1965 г.

В других телецентрах объем телевизионного вещания будет увеличен с 2,5 *ч* в 1960 г. до 6 *ч* в сутки в 1965 г. На большинстве телецентров с 1961 г. будут введены дневные телевизионные передачи.

Быстрыми темпами будет расти и приемная сеть. Количество телевизионных приемников увеличится с 5 млн. в 1960 г. до 15—25 млн. шт. в 1965 г.

Передача телевизионных сигналов по кабельным линиям

Телецентры крупных городов имеют широкие возможности для создания разнообразных по характеру, высококачественных программ. Так как территория, обслуживаемая отдельными крупными телецентрами, ограничена, то возникает необходимость соединения их с малыми телевизионными центрами и ретрансляционными станциями. Необходимы также линии связи для обеспечения обмена программами между крупными городами.

Одним из применяемых методов передачи телевизионных сигналов на большие расстояния является передача сигналов по кабельным линиям. Наиболее подходящей линией связи для этой цели является коаксиальный кабель. В коаксиальной линии одним проводом является центральная жила, а вторым — металлический экран, окружающий эту жилу. Такие линии хороши для передачи телевизионных сигналов тем, что они позволяют передавать широкий спектр частот, имеют относительно небольшое затухание, малые поперечные размеры, в них отсутствуют потери на излучение и мало сказывается влияние внешних электромагнитных полей.

Между внутренним и внешним проводами гибкого коаксиального кабеля находится слой изоляции (обычно из полиэтилена), который обеспечивает совпадение осей внешнего и внутреннего проводов и предохраняет внутренний провод от смещения. Внутренний провод выполняется сплошным либо свивается из нескольких проводников. Внешний провод гибких кабелей выполняется из тонких медных проволочек в виде цилиндрической оплетки. Поверх оплетки наносится защитная оболочка из хлорвинилового пластиката или броня из стальных лент или проволок.

Жесткие коаксиальные линии с воздушной изоляцией имеют значительно бо́льшую механическую прочность и жесткость по сравнению с гибкими кабелями. Так как внешний проводник выполняется из сплошной трубки, его погонное сопротивление меньше, чем у оплетки из медных проволок.

На магистральных линиях связи применяют комбинированные коаксиальные кабели, которые представляют со-

бой комбинацию четырех или восьми коаксиальных кабелей и ряда изолированных проводов (до 32). В первом случае две коаксиальные пары используются для передачи телевизионных программ, а две другие коаксиальные пары — для передачи нескольких сотен телефонных и телеграфных передач. Остальные провода служат для организации связи между промежуточными пунктами по магистрали. Для устранения влияния влажности и для обнаружения мест повреждения экранов в кабель нагнетают сухой азот или шестифтористую серу.

С уменьшением частоты сигнала экранирующие свойства кабеля ухудшаются. Для того чтобы экранирование было действенным на самых низких частотах, толщину наружного проводника нужно увеличивать, но это невыгодно по конструктивным и экономическим соображениям. Последнее обстоятельство является одной из основных причин, по которым видеосигналы непосредственно по коаксиальному кабелю на большие расстояния не передаются, а используется дополнительная модуляция, с помощью которой весь частотный спектр видеосигнала сдвигается в область более высоких частот.

Затухание кабеля на единицу длины, т. е уменьшение амплитуды передаваемых колебаний, зависит от удельного сопротивления проводов, частоты тока и отношения диаметра наружного проводника к внутреннему (D/d). С ростом частоты затухание увеличивается — оно приблизительно пропорционально корню квадратному из частоты. При отношении D/d, равном 3,6, кабель обладает наименьшим затуханием.

Задержка сигнала во времени зависит от частоты. Особенно резко изменяется задержка в области низких частот. Поэтому желательно, чтобы самые низкие из передаваемых частот были сдвинуты в область частот порядка 200—400 *кгц*.

Большое погонное затухание кабеля требует сооружения вдоль линии усилителей; последние устанавливаются через каждые 7—10 *км*. Частотные и фазовые характеристики усилителей должны быть такими, чтобы происходила компенсация искажений, возникающих в линии, и искажений, связанных с модуляцией.

Наличие на линии большого числа усилительных пунктов приводит к значительному увеличению капитальных и эксплуатационных затрат. Для уменьшения последних создаются усилительные станции, не требующие постоянного

технического обслуживания. Эти станции обслуживаются дистанционно; питание станций осуществляется от ближайших источников переменного тока. В ряде случаев энергия электропитания передается в несколько необслуживаемых усилительных пунктов из районного обслуживающего центра по кабельной линии.

Кабельная линия была, в частности, применена для обмена телевизионными программами между Москвой и Киевом. Длительное время находится в эксплуатации кабельная линия, по которой телевизионные программы передаются из Москвы в Калинин. В 1961 г. эта кабельная линия была продолжена и соединила между собой телецентры Москвы и Ленинграда.

Дальняя связь по волноводным линиям

Коаксиальные и радиорелейные линии связи ограничены по своей длине из-за накопления искажений передаваемых сигналов вдоль линии передачи и на расстояниях более 2 000 *км* становятся все менее и менее эффективными. В настоящее время ведутся работы по созданию линий связи, по которым можно было бы передавать сигналы в дециметровом, сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн. Стремление к укорочению длины волн, на которых ведется передача, объясняется все возрастающей потребностью в новых каналах связи.

В основу ряда работ положено стремление использовать своеобразные условия распространения электромагнитных волн в металлических трубах круглого сечения. Электромагнитные волны могут распространяться вдоль трубы (волновода) на большие расстояния с малым затуханием. Это открывает перспективы создания новой широкополосной системы дальней связи, обеспечивающей передачу многих телевизионных программ и тысяч телефонных разговоров и телеграфных сообщений.

При распространении электромагнитных волн в полом металлическом волноводе в его стенках возбуждаются электрические токи, конфигурация и сила которых зависят от длины волны. Вследствие конечной проводимости металлов часть энергии электромагнитных волн уходит на нагревание стенок волновода и сами волны затухают. Затухание электромагнитных волн компенсируется с помощью усилителей, включаемых в волноводную линию через каждые 50—60 *км*.

Для уменьшения затухания волн в волноводе имеются два пути: уменьшение длины волны и увеличение диаметра волновода. Если пойти одновременно и на укорочение длины волны и на увеличение диаметра волновода, можно снизить затухание электромагнитных волн в волноводе до ничтожной величины. Так, например, при передаче на волнах длиной 6—8 *мм* по волноводу сечением 12,5 *см* может быть обеспечена прямая связь на расстояния более тысячи километров. Однако ряд факторов ограничивает в настоящее время возможность осуществления прямой связи по волноводам на такие большие расстояния.

При распространении по реальному волноводу электромагнитные волны испытывают поглощение не только в стенках волновода, но и в наполняющей его газовой среде. Изменения проводимости токонесущей поверхности волноводов, образование на ней окислов и других отложений могут привести к значительному увеличению затухания электромагнитных волн. Одной из существенных причин, приводящей к увеличению затухания, является искажение характера электромагнитного поля в волноводе, происходящее при наличии стыков, изгибов и других неоднородностей волновода.

Наиболее простым способом борьбы с окислением стенок волновода было бы наполнение его атмосферным воздухом при избыточном давлении порядка +0,5 *ат* (для устранения возможности попадания в него влаги). При этом следует учесть, что миллиметровые волны, наиболее перспективные для осуществления волноводных линий с малыми потерями, в некоторых участках диапазона испытывают значительное поглощение из-за резонансных явлений, возникающих в парах воды и в кислороде воздуха. Однако области максимального поглощения невелики, и в диапазоне миллиметровых волн могут быть выделены достаточно широкие области, в которых дополнительные потери на поглощение много меньше тепловых потерь. В этих зонах могут быть организованы передачи с малыми потерями при общей полосе пропускания более 100 000 *Мгц*. При необходимости передачи по волноводу сигналов с непрерывным спектром частот среда, наполняющая волновод, должна быть кондиционирована. В этом случае из волновода удаляются воздух и пары воды, и он должен быть наполнен газом, не обладающим резонансными свойствами в диапазоне миллиметровых волн, например азотом.

Сложна борьба с дополнительными потерями из-за неидеальной геометрии волноводов. Отклонение формы волновода от идеального цилиндра приводит к дополнительным потерям энергии. Одним из наиболее существенных источников потерь на преобразование являются потери в стыковых соединениях отдельных секций волноводной линии.

Дополнительные потери возникают также за счет деформаций волноводов и их изгибов (даже с большим радиусом кривизны). Все это говорит о том, что сооружение волноводных линий требует большого инженерного искусства и предварительного проведения больших исследований.

Малые потери в местах изгиба волновода возможны только при радиусах кривизны порядка сотен метров. В то же время в практически применяемых волноводных линиях имеется необходимость в сосредоточенных изгибах, имеющих радиус кривизны порядка одного или нескольких метров. Было предложено много методов передачи энергии по волноводам круглого сечения с малым радиусом кривизны, однако полного решения этой проблемы еще нет. Одним из решений этой задачи является применение так называемых самофильтрующих волноводов, в которых по всей длине обеспечивается малое затухание электромагнитных волн нормальной структуры и сильное затухание электромагнитных волн с искаженной структурой, образовавшихся под влиянием неоднородностей волновода.

Самофильтрующие волноводы круглого сечения подразделяются на две группы: волноводы с поглощающей пленкой и волноводы с периодической структурой стенок (кольцевые и спиральные).

В первой группе волноводов на металлическую стенку наносится тонкий поглощающий слой диэлектрика. К другой группе самофильтрующих волноводов относятся волноводы, имеющие периодическую структуру стенок: кольцевые и спиральные. На рис. 2,*а* показана конструкция гибкого волновода, в котором токонесущая стенка выполнена в виде ряда колец, разделенных шайбами из диэлектрика. На внешнем обводе колец имеется эластичная диэлектрическая оболочка, обеспечивающая возможность изгибания кольцевого волновода на требуемый угол.

Более просто могут быть изготовлены волноводы с токонесущей поверхностью в виде медной спирали (рис. 2,*б*).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что

при сооружении волноводных линий связи могут найти применение как цельнометаллические волноводы, так и волноводы с периодической структурой стенок.

Наряду с решением проблем, относящихся к конструкции волноводов, проводятся исследования по созданию усилительных ламп для диапазона миллиметровых волн.

Наиболее приемлемым для первого периода освоения является диапазон волн 5—8 *мм*. В этом диапазоне могут быть размещены, например, 100 телевизионных и 150 000 телефонных каналов.

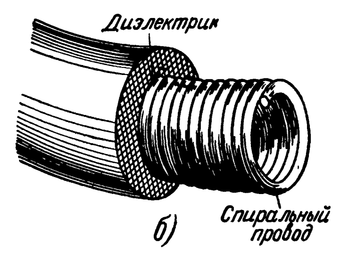


Рис. 2. Устройство кольцевого (*а*) и спирального (*б*) волноводов.

Передача телевизионных сигналов по радиорелейным линиям

В настоящее время наиболее распространенным методом связи удаленных друг от друга телецентров является радиорелейная связь. Радиорелейную линию связи образует цепь наземных автоматически действующих приемно-передающих установок. Стоимость широкополосных радиорелейных линий связи значительно ниже стоимости коаксиальных кабельных линий, так как при сооружении радиорелейных линий расходуется значительно меньше цветных металлов.

Передача телевизионного сигнала по радио с ретрансляцией от пункта к пункту производится на сантиметровых и дециметровых волнах. Последнее объясняется тем, что с укорочением длины волны проще концентрировать электромагнитную энергию в узкие пучки и направлять всю излучаемую энергию в одном направлении, что позволяет значительно уменьшить мощность, необходимую для уверен-

ной связи и устранить взаимные помехи близко расположенных радиорелейных линий. На сантиметровых волнах почти полностью отсутствуют атмосферные помехи, и имеется возможность осуществления связи в очень широком диапазоне частот.

Чтобы расширить зону уверенного приема и уменьшить тем самым число ретрансляционных пунктов, широкополосные антенны устанавливаются на высоких башнях. Наиболее распространенными являются параболические и линзовые антенны. В ряде случаев для уменьшения искажения поля в волноводах, по которым подводится энергия от передатчика, находящегося на земле, к антеннам, последние устанавливают внизу, в непосредственной близости от передатчика, а на башне устанавливают плоские пассивные зеркальные отражатели. Обычно на башне устанавливают по две антенны в каждую сторону для одновременной двусторонней связи или для резервирования аппаратуры в случае аварии. В некоторых случаях на промежуточных станциях радиорелейных линий вместо четырех антенн применяют две антенны.

Для увеличения числа передаваемых сообщений самые мощные современные радиорелейные системы имеют до семи высокочастотных стволов, причем один из них — резервный. Каждый высокочастотный ствол образован цепочкой приемно-передающей аппаратуры и представляет, в сущности, самостоятельную радиорелейную линию. Все стволы обычно состоят из одинаковой передающей и приемной аппаратуры. Каждый высокочастотный ствол работает на своей рабочей волне. Несколько передатчиков или несколько приемников, работающих на различных волнах, включаются на одну общую антенну при помощи специальных разделительных фильтров. Магистральные радиорелейные линии обычно строят универсальными, что дает возможность использовать при необходимости один и тот же ствол для передачи или телевизионной программы, или многоканальной телефонии (до 600—1 000 одновременно идущих телефонных разговоров по одному стволу).

Антенны излучают не всю энергию в главном направлении, некоторая часть энергии излучается в стороны и даже в обратном направлении. Последнее могло бы вызвать помехи и искажения основного сигнала, принимаемого в соседней станции. Поэтому передатчики и приемники каждой ретрансляционной станции работают на разных волнах.

При ретрансляции сигнал значительно ослабляется из-за затухания в атмосфере и рассеяния в пространстве энергии несколько расходящегося пучка лучей. Аппаратура промежуточных станций и предназначена для восполнения этого ослабления. Усиление электромагнитных колебаний сверхвысоких частот представляет технически сложную задачу. Поэтому на большинстве линий усиление производится на более низких частотах и применяется преобразование частоты до и после усиления. Промежуточная частота, на которой происходит усиление, в 10—40 раз меньше несущей частоты. Такой метод усиления колебаний страдает рядом существенных недостатков.

В настоящее время ведутся разработки усилителей колебаний сверхвысоких частот. В ряде построенных радиорелейных линий усиление на радиочастоте осуществляется с помощью ламп бегущей волны. Использование последних значительно упрощает и удешевляет радиорелейную аппаратуру, позволяет избавиться от искажений передаваемого сигнала, обусловливаемых преобразованием частоты.

В большинстве радиорелейных линий осуществляют частотную модуляцию колебаний несущей частоты телевизионным сигналом. При частотной модуляции уменьшается влияние расстройки и повышается помехоустойчивость системы.

При устройстве радиорелейных линий учитывают рельеф местности и стремятся располагать ретрансляционные станции на возвышенных местах. Вдоль магистральной радиорелейной линии образуется полоса шириной 100—200 *км*, внутри которой можно смотреть телевизионную программу. Это достигается тем, что на каждой главной промежуточной станции телевизионный сигнал выделяется из линии, преобразуется в диапазон метровых волн и после усиления излучается в окружающее пространство.

В текущем семилетии в нашей стране протяженность радиорелейных линий возрастет примерно в 8,4 раза. С вводом в строй новых магистральных линий центральная программа телевидения будет передаваться в десятки крупнейших городов, а последние в свою очередь будут их ретранслировать в соседние населенные пункты. В то же время жители столицы увидят телевизионные программы многих местных телецентров.

Будут построены радиорелейные линии большой протяженности вдоль трасс газо- и нефтепроводов, железных дорог, что позволит организовать подачу телевизионных

программ во многие населенные пункты, используя инженерные сооружения и оборудование этих линий. В ряде республик предполагается широкое строительство радиорелейных линий протяженностью 200—500 *км* для передачи телевизионных программ на ретрансляционные станции в пределах республики.

В настоящее время ведутся разработки передвижных радиорелейных установок, которые позволят быстро устанавливать связь на расстоянии 100—200 *км*. Такие установки сыграют важную роль в расширении возможностей внестудийного телевизионного вещания.

В течение ближайших лет будет закончено сооружение строящейся коаксиальной кабельной линии, которая соединит Москву, Прагу, Берлин и Варшаву. Одновременно с этим будут введены в строй радиорелейные линии на Бухарест, Софию, Будапешт, Прагу. В результате осуществления этой большой программы будет налажен регулярный взаимный обмен телевизионными программами между телецентрами социалистических стран Европы и СССР.

Телезрители СССР смогут смотреть телепередачи из Англии, Франции, Италии и других европейских стран, а телезрители перечисленых стран смогут смотреть телепередачи из Советского Союза.

Радиорелейные линии, использующие дальнее тропосферное распространение ультракоротких волн

В последние годы все чаще стало наблюдаться, что ультракороткие волны в известных случаях приобретают способность распространяться на расстояния, значительно превосходящие дальность прямой видимости. Исследованиями было установлено, что на определенных больших расстояниях от передатчика по всему УКВ диапазону постоянно существует слабое поле, не замечавшееся ранее вследствие недостаточности мощности использовавшихся передатчиков. Созданию постоянно существующего поля на больших расстояниях от передатчика способствуют следующие процессы: рассеяние ультракоротких волн на местных неоднородностях тропосферы (нижней области атмосферы), частичные отражения волн от слоистых неоднородностей и так называемое когерентное рассеяние волн. Остановимся на этих явлениях подробнее.

В связи с неодинаковым нагреванием и охлаждением различных участков поверхности Земли в атмосфере непрерывно происходят беспорядочные перемещения и завих-

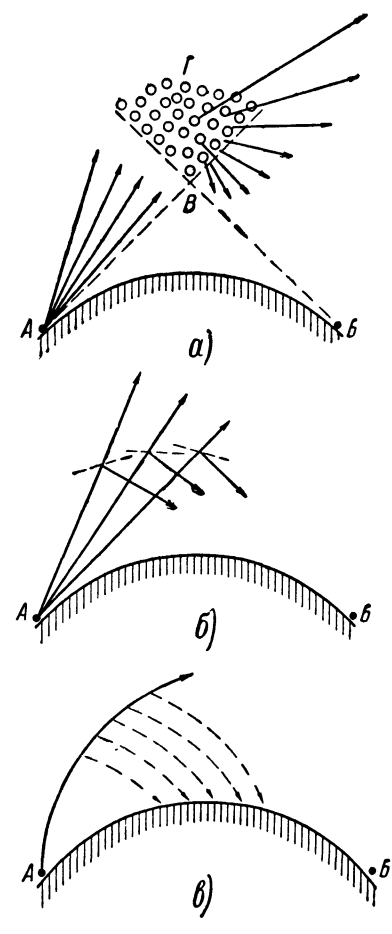


Рис. 3. Упрощенные картины рассеяния ультракоротких радиоволн.
а — неоднородностями тропосферы; *б* — слоистыми неоднородностями; *в* — когерентное рассеяние;
А — пункт передачи; *Б* — пункт приема радиосигналов.

рения воздушных потоков, поднимающихся над землей. Это приводит к возникновению областей с несколько повышенным значением показателя преломления. Тропосфера приобретает как бы зернистую структуру, в которой «зерна» имеют несколько отличное значение коэффициента преломления по сравнению с окружающей средой. «Зерна» эти имеют размеры порядка нескольких сотен метров. Средние размеры «зерен» и среднюю величину отклонения коэффициента преломления внутри «зерна» от коэффициента преломления окружающей среды удалось измерить с помощью специально сконструированного прибора, устанавливаемого на самолете. Несмотря на то, что каждый отдельный вихрь возникает в результате случайного наложения очень большого числа не поддающихся учету факторов, среднее количество вихрей, их средние размеры и колебания плотности оказываются очень устойчивыми.

Метровые и дециметровые радиоволны, достигая нижних слоев тропосферы, частично рассеиваются (рис. 3,*а*). При этом рассеянное излучение направлено главным образом вперед.

С ростом высоты неоднородность тропосферы уменьшается, а следовательно, уменьшается и интенсивность создаваемого местными неоднородностями рассеянного излуче-

ния. Этим определяется верхняя граница объема тропосферы, активно участвующего в создании рассеянного излучения.

Распространение ультракоротких волн на значительные расстояния может вызываться также отражениями от поверхностей раздела областей тропосферы, обладающих несколько отличными друг от друга значениями коэффициента преломления. Такие поверхности раздела могут возникнуть у нижней границы плотного облака, в месте раздела теплых и холодных масс воздуха, при наличии в тропосфере областей с повышенной влажностью и т. д. Схема распространения за счет отражений от слоистых неоднородностей показана на рис. 3,*б*.

Причиной дальнего распространения радиоволн может явиться также процесс когерентного рассеяния в тропосфере. Вследствие постепенного изменения с высотой давления, влажности и температуры воздуха коэффициент преломления атмосферы постепенно уменьшается по мере роста высоты от значения $n=1{,}00038$ у поверхности Земли до значения $n \approx 1$ на высотах порядка 20—30 *км*. Это явление приводит к возникновению частичных отражений радиоволн на всем пути их распространения (рис. 3,*в*). Наиболее сильные отражения возникают на тех участках траектории, где коэффициент преломления быстро изменяется с высотой.

Так как рассеяние радиоволн вызывается действием многих причин, то результирующее рассеяние имеет не случайный, а весьма стабильный характер. В связи с этим использование дальнего тропосферного распространения является важнейшим средством передачи телевизионных программ при построении радиорелейных линий в труднодоступных областях (морские пространства, озера, горы и т. д.) или на местности, представляющей большие трудности для проведения строительных и монтажных работ.

Для осуществления радиосвязи за счет рассеяния радиоволн в тропосфере нужны очень мощные излучатели, ибо подавляющая часть энергии не попадает в приемную антенну. Очевидно, также то, что чем больше направленность передающей антенны, тем бо́льшая часть энергии попадает в приемную антенну. Поэтому при осуществлении радиосвязи этим методом применяются передатчики большой мощности с узконаправленными излучателями.

Направленное излучение важно еще с той точки зрения, что при большом угле излучения волны, распространяющи-

еся по пути *АГБ* (рис. 3,*а*), при приеме в точке *Б* будут запаздывать относительно волн, распространяющихся по пути *АВБ* и, например, вместо прямоугольного импульса будут воспроизводиться импульсы с наклонными фронтами. Это эквивалентно сужению полосы частот. Подсчитано, например, что на трассе длиной 300 *км*, для обеспечения ширины полосы пропускания порядка 6,3 *Мгц* угол направленности должен составлять не более 0,73°.

Для получения требуемых характеристик антенн наибольшее применение находят параболоиды вращения. Ширину лепестка меньше одного градуса возможно получить в том случае, если применить параболоид с диаметром около 100λ (λ — длина волны). Это значит, что на волне 3 *см* диаметр параболоида должен быть 3 *м*, а на волне 30 *см* — 30 *м*. На опытных линиях использовались антенны с диаметром не более 20 *м*. Ввиду большой стоимости антенн стремятся одновременно работать с одной антенной для приема и передачи.

При построении практических систем учитывается и то, что на выходе приемного устройства величина напряжения значительно колеблется за счет быстрых и медленных замираний. Для эффективной борьбы с быстрыми замираниями применяется одновременно прием на разнесенные антенны и разнесенные частоты.

В настоящее время в ряде стран сооружается ряд линий связи, использующих дальнее тропосферное распространение УКВ. Расстояния между промежуточными пунктами по мере развития и совершенствования аппаратуры радиорелейных линий может достигать 600—1 000 *км*.

Влияние ионосферы на распространение ультракоротких волн

В последнее время было установлено, что в годы высокой солнечной активности в дневные часы от постоянно существующего ионизированного слоя атмосферы F_1 (находящегося на высоте 250—400 *км*) могут отражаться волны длиннее 6 *м*. Более короткие волны могут отражаться от ионизированного слоя *E* (находящегося на высоте 100—120 *км*). Именно этими отражениями обусловлены многие случаи приема телевизионных передач на расстояниях до 2 000 *км* от телецентра. Однако такие случайные явления не могут служить основой для создания надежно и постоянно действующих линий связи на УКВ.

Недавно было установлено, что в диапазоне метровых

волн на расстоянии примерно от 600 до 1 800 *км* обнаруживаются постоянно существующие слабые поля, обусловленные влиянием ионосферы. Существование этих полей объясняют рассеянием на местных неоднородностях слоя *E* ионосферы, рассеянием и отражением от ионизированных областей, образующихся при попадании в земную атмосферу потоков метеоров.

Характерной особенностью ионосферного рассеяния является малая зависимость силы сигнала от расстояния и большая зависимость от частоты. Рабочий диапазон волн составляет 5—12 *м*.

Практически при использовании рассеяния на неоднородностях слоя *E* можно создать систему связи обычного типа, в которой используется принцип непрерывной передачи сигналов, подобный применяемому в тропосферных линиях связи. Мощность передатчиков такой линии составляет десятки киловатт. Однако из-за зависимости коэффициента преломления ионизированного слоя от частоты по таким линиям связи можно передавать только узкополосный сигнал.

Благодаря отражению УКВ от ионизированных слоев, вызванных в верхних слоях атмосферы пролетевшими метеоритами, удается передавать радиосигналы на большие расстояния. Но метеориты попадают в атмосферу нерегулярно, а их следы существуют недолго. Поэтому передаваемую информацию приходится предварительно накапливать. При возникновении соответствующим образом ориентированного метеорного следа накопленный сигнал с большой скоростью (раз в 10 и более быстрее, чем шел процесс накопления) передается в пункт назначения. Но этот способ применим также лишь для передачи узкополосного сигнала, а для телевизионного вещания он непригоден.

Однако можно искусственно создавать в нужное время и в нужных местах настолько мощные ионизированные облака, что от них отражаются колебания и в широкой полосе частот. Первые опыты в этом направлении уже произведены. Одноступенчатые ракеты с грузом жидкого аммиака запускались на высоту до 100 *км* и там выпускали свой заряд. Аммиак мгновенно испарялся и под действием солнечного излучения разлагался. Возникало громадное облако из ионизированных газов. Оно отражало электромагнитные колебания наземной телевизионной станции, и телезрители могли принимать передачи в течение 20 мин. на расстоянии 2 000 *км* от станции. Возможно, что будут най-

дены способы искусственного создания ионизированных облаков на более длительные промежутки времени для обеспечения регулярного приема телевизионных программ на больших расстояниях.

Ретрансляция телевизионных сигналов с помощью самолетов

Еще 25 лет назад П. В. Шмаков предложил использовать для передачи телевизионных программ на большие расстояния самолетную радиорелейную линию. Он техни-

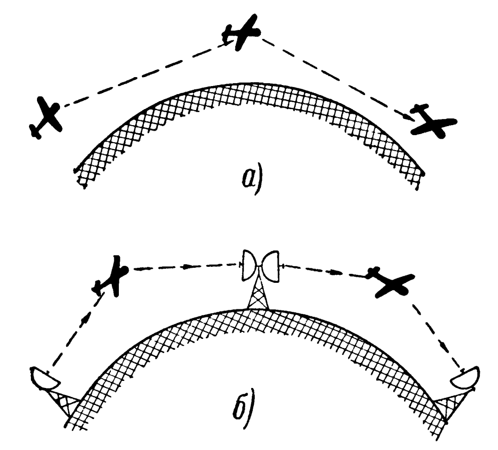


Рис. 4. Ретрансляция телевизионных сигналов с помощью самолетов
а — самолетная радиорелейная линия; *б* — то же с наземным промежуточным пунктом.

чески обосновал свое предложение. Если в воздухе будут курсировать самолеты на высоте нескольких километров (рис. 4,*а*) и на расстоянии в несколько сотен километров друг от друга, то можно будет произвести передачу телевизионных сигналов на расстояние в несколько тысяч километров. Один из самолетов должен быть связан с источником программ (наземным телецентром), которая транслируется на другие самолеты. При этом каждый из самолетов, помимо того, что он является звеном связи, будет излучать в направлении Земли принятые сигналы, облучая зону площадью в несколько тысяч квадратных километров.

Следует заметить, что самолетная ретрансляционная линия не заменяет стационарной. Она целесообразна лишь в тех случаях, когда создание стационарной линии либо

экономически необосновано, либо не может быть выполнено в необходимые сроки.

Самолетная ретрансляция в нашей стране использовалась летом 1957 г. в дни VI Всемирного фестиваля молодежи. Телевизионные передачи с московских стадионов, площадей, театров можно было видеть в Киеве, Минске, Смоленске и других городах. Вторично подобная ретрансляция была организована в день сорокалетия Великого Октября для передачи с Красной площади военного парада и демонстрации трудящихся.

Схема построения применявшейся при этом ретрансляционной линии показана на рис. 4,*б*. Передача сигналов по всей линии была осуществлена на той же волне, на которой работает Московский телецентр. Станции были установлены последовательно на Земле и самолетах. Сигнал передается от одной наземной станции к другой с помощью самолетной станции. Достоинство этой схемы заключается в том, что на Земле имеется бо́льшая возможность обеспечить помехоустойчивость приемной аппаратуры и применить антенны любой сложности. Это весьма важно при приеме сравнительно маломощных сигналов самолетного передатчика. К тому же радиус приема помех от наземных объектов для наземного приемного пункта значительно меньше, чем для самолетного.

Трасса Москва — Смоленск — Минск — Киев протяженностью более 1 100 *км* обслуживалась тремя самолетами типа «ЛИ-2». Каждый самолет летал вдоль трассы радиорелейной линии на участке в 40—50 *км*. Долетев до конца участка, самолет разворачивался и брал курс в обратном направлении. При разворотах самолетов, а также при полете по прямой антенная опора автоматически поворачивалась вокруг оси так, что направление антенн оставалось неизменным. Мощность передатчиков самолетов составляла 30—35 *вт*.

Перспективы использования спутников Земли в качестве ретрансляторов телевизионных программ

Для облучения ультракороткими волнами целых материков можно использовать искусственные спутники Земли. При этом возможны два варианта использования спутников — в качестве активных и пассивных ретрансляторов телевизионных программ.

Возможны различные орбиты таких спутников. Наиболее благоприятной была бы так называемая 24-часовая

экваториальная орбита. Спутник, совершая вокруг Земли в сторону ее вращения один оборот за 24 *ч*, казался бы земным наблюдателем, неподвижно висящим в небе. Такая орбита может быть задана спутнику, поднятому над земной поверхностью на высоту 35 800 *км*.

Для того чтобы спутник, запущенный с экватора на высоту 35 800 *км*, все время находился над одной точкой земной поверхности, его орбита должна максимально приближаться к круговой. Запуск на орбиту такой формы весьма затруднителен. Нужно учесть также, что на движение телевизионного спутника будет оказывать влияние и Луна. Спутник будет как бы качаться в космосе. Необходимо будет устранить влияние этих качаний спутника на ретрансляцию передач.

Космический ретранслятор можно запустить и с территории СССР. В этом случае плоскость, проходящая через стационарную орбиту спутника, будет наклонена к плоскости экватора. Спутник не будет казаться неподвижным наблюдателю, находящемуся на Земле. В течение суток он опишет петлю, напоминающую цифру *8*, причем узел цифры расположится в плоскости экватора.

Если речь идет о пассивном отражении посланной с Земли электромагнитной энергии, то желательно иметь большую поверхность спутника, причем она должна быть металлизирована. Для этой цели можно использовать прочную эластичную герметизированную оболочку с металлизированной поверхностью. На орбите под воздействием остатков воздуха и вводимого внутрь оболочки газа она развернется и примет нужную форму.

Для приема сигналов, отраженных от поверхности такого спутника, требуются очень высокочувствительные приемные устройства и наземные антенны больших размеров. Таким образом, отраженные спутником сигналы не могут быть использованы непосредственно для приема обычными телевизорами; эти сигналы должны передаваться по приемной трансляционной сети после соответствующего усиления на телецентрах.

Более эффективным будет создание не пассивного отражателя, а спутника, оснащенного ретрансляционной телевизионной аппаратурой. Если спутник будет использован для ретрансляции сигналов к наземной станции, имеющей высокочувствительный приемник и приемную антенну большой площади, то аппаратура космической станции может представлять собой маломощное приемно-передающее

устройство. Требуемая мощность передатчика ретранслятора составит всего несколько ватт или несколько десятков ватт.

Антенны ретранслятора, установленные на спутнике, с помощью специального устройства должны быть направлены: приемная — на район источника телевизионного сообщения, а передающая — на обслуживаемую ретранслируемой программой территорию.

В качестве источников питания радиоэлектронной аппаратуры такого спутника могут быть использованы солнечные батареи (полупроводниковые преобразователи солнечной энергии в электрическую). Ретранслятору не понадобятся аккумуляторы для обеспечения непрерывности действия, ибо спутник будет запущен на такую орбиту, что все время будет облучаться Солнцем.

Значительно более сложную задачу представляет создание космического ретранслятора, сигналы которого должны быть приняты стандартными антеннами телевизоров индивидуального пользования. Требуемая мощность передатчика на таком спутнике должна быть существенно увеличена.

С помощью трех спутников, связанных между собой радиолинией, можно было бы осуществить всемирную ретрансляцию телевизионных программ. Эти спутники должны быть размещены на 24-часовой экваториальной орбите и отстоять один от другого на 8 *ч* пути. При этом необслуживаемыми будут небольшие области, прилегающие к Северному и Южному полюсам.

Выполнение таких грандиозных проектов потребует решения многих сложных научно-технических проблем. Однако гигантские успехи в завоевании космического пространства, одержанные в последнее время в Советском Союзе, и работы, проводимые учеными других стран, делают реальным осуществление ретрансляции телевизионных программ при помощи искусственных спутников Земли в ближайшие годы.

Заманчивым является использование Луны в качестве ретранслятора телевизионных программ. Экспериментально доказана возможность использования отраженных от Луны радиосигналов (посланных с Земли) для ретрансляции телеграфных и телефонных сообщений на расстояния до 10 000 *км*. Главные недостатки использования для радиосвязи отраженных от лунной поверхности сигналов заключаются, во-первых, в том, что связь возможна лишь

в определенное время суток (когда Луна находится над горизонтом тех пунктов, между которыми осуществляется связь), во-вторых, частота модуляции не может быть больше нескольких килогерц. Последний недостаток делает невозможной ретрансляцию телевизионных сигналов, ибо они занимают широкую полосу частот.

Более интересным и перспективным является использование активной ретрансляции с Луны. Для осуществления такой ретрансляции необходимо доставить на Луну специальную радиотехническую аппаратуру. Принятые этой аппаратурой радиосигналы с Земли после соответствующего усиления будут передаваться обратно на Землю. Управление работой всего комплекса аппаратуры ретрансляционной станции должно осуществляться с Земли.

Другие методы передачи телевизонных сигналов

В последнее время уделяется большое внимание использованию для целей связи наиболее высокочастотных электромагнитных колебаний, вплоть до световых и гамма-лучей.

Большие надежды возлагаются на оптические системы связи, проектируемые для использования во время космических полетов. Создание оптических систем связи зависит от проводимых в настоящее время работ в области когерентных генераторов и усилителей оптического диапазона. Под когерентностью в данном случае понимается работа в узкой и точной ограниченной полосе частот.

В настоящее время разрабатываются многие варианты квантово-механических генераторов оптического диапазона: с газообразными, жидкими и твердыми веществами, с различными способами подкачки (снабжения энергией). От этих генераторов предполагается получить большую выходную мощность. В квантово-механических устройствах используются электромагнитные излучения молекул, атомов или ионов вещества, называемых квантово-механическими системами. В этих системах переход микросистем (молекул, атомов или ионов) с одного энергетического уровня на другой происходит с поглощением или излучением определенной порции энергии. В квантово-механических усилителях микросистемы искусственно, за счет энергии вспомогательного генератора (генератора накачки), переводятся на верхний энергетический уровень. Под влиянием внешнего поля сигнала возбужденные частицы

при определенных условиях совершают обратный переход, излучая при этом энергию. При определенных условиях излучаемая энергия превосходит энергию управляющего сигнала, т. е. происходит усиление сигнала.

Излучение когерентных генераторов световых волн может быть сконцентрировано в очень узкие пучки (шириной в сотые и тысячные доли градуса). Предполагают, что с помощью узконаправленных и вместе с тем мощных пучков удастся осуществлять связь на расстояниях в миллиарды километров, т. е. можно будет посылать сигналы за пределы солнечной системы.

В настоящее время разработаны теоретические основы недостающих составных частей оптической системы связи модулятора и детектора. Сообщалось о трех возможных методах микроволновой модуляции света: модуляция кругового дихроизма в парамагнитных кристаллах микроволновым сигналом; фарадеевское вращение плоскости поляризации в парамагнитном кристалле посредством магнитного поля микроволнового сигнала; фарадеевское вращение плоскости поляризации посредством электрического поля микроволнового сигнала. Детектирование модулированного света возможно посредством «обращения» схем, предложенных для модулятора.

В настоящее время предложен ряд оптических систем связи с использованием некогерентных источников света. В одной из систем используются источники типа искровых разрядников. В этом случае для целей связи должна быть использована импульсно-кодовая модуляция.

В другой предложенной системе несущим сигналом служат непрерывные излучения белого или инфракрасного спектра. Одна из зарубежных фирм разрабатывает оптическую систему связи, в которой для передачи информации используется оптический диапазон солнечного излучения.

Проводятся эксперименты по использованию для целей космической связи ультрафиолетовых и рентгеновых лучей. К основным достоинствам этих систем также относят остронаправленное излучение и высокую помехозащищенность.

Проблема преобразования телевизионных стандартов

В телевизионном вещании различных стран мира используется несколько телевизионных стандартов. Так, в Англии производится разложение изображения на 405 строк и передается 25 полных кадров в секунду. В США, Канаде, во многих странах Латинской Америки, в Японии исполь-

зуется стандарт 525 строк и 30 кадров. На 625 строк разлагается изображение и передается 25 полных кадров в секунду в СССР, странах народной демократии, Италии, Голландии, Швеции, Швейцарии, Дании и других странах. Во Франции используется стандарт 819 строк и 25 кадров.

При обмене телевизионными программами между странами, имеющими различный стандарт, возникает проблема преобразования стандартов.

В 1952 г. стал осуществляться обмен телевизионными программами между Францией и Англией, а в 1953 г. была введена Европейская сеть международного обмена программами. В г. Дувре (Франция) был установлен так называемый преобразователь стандартов, назначением которого было принимать сигналы, соответствующие любому из континентальных европейских стандартов (625 или 819 строк), и преобразовывать их в сигналы, пригодные для воспроизведения английскими телевизионными приемными устройствами. В 1957 г. был установлен преобразователь со стандарта 405 строк на стандарт 625 строк, используемый для передачи английских телевизионных программ в Европу.

Основной проблемой преобразования стандартов является проблема аккумулирования. Информация приходящего телевизионного сигнала должна быть «записана» и сохранена до тех пор, пока не будет «считана» в выходном стандарте разложения. Записанная информация по мере считывания должна полностью стираться.

В преобразователе стандартов осуществляются следующие процессы. Транслируемые телевизионные сигналы подводятся к воспроизводящей электронно-лучевой трубке высокого качества. Изображение, воспроизводимое на экране трубки, проецируется затем с помощью объектива на фотокатод передающей трубки телевизионной камеры. Развертка в передающей трубке осуществляется по стандарту разложения той страны, куда подается программа. Различные преобразователи стандартов отличаются один от другого в основном типом используемой передающей трубки (используются иконоскоп, видикон, суперортикон).

Механизм аккумулирования обусловливается здесь послесвечением люминофора воспроизводящей трубки и накопительными свойствами передающей трубки, запасающей информацию одного полукадра.

ГЛАВА ВТОРАЯ

СПОСОБЫ СУЖЕНИЯ СПЕКТРА ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Вводные замечания

Проблема дальности связана с задачей эффективного сокращения полосы частот телевизионного сигнала. Конечно, техника ретрансляции позволяет различными средствами передавать телевизионный сигнал в полном его спектре на любые расстояния, но с целью значительного повышения экономической и технической эффективности метода ретрансляции возникала необходимость сокращения полосы частот телевизионного сигнала. Сжатие полосы приведет к значительному повышению экономичности связи за счет упрощения и удешевления аппаратуры. С другой стороны, сокращение полосы частот телевизионного сигнала создает возможность дополнительной передачи по той же линии множества телеграфных и телефонных сообщений. Значительное же сокращение полосы частот телевизионного сигнала может привести к возможности осуществления ретрансляции телевизионных сигналов на коротких волнах на огромные расстояния с помощью простых технических средств, а также производить передачи телевизионных сигналов по обычным проводным линиям связи.

На возможность сокращения полосы частот передаваемого сигнала указывает теория информации, которая изучает общие закономерности, присущие как самим передаваемым сообщениям, так и их передаче в различных условиях и, в частности, при наличии помех.

Источником сообщения в телевидении является передающая камера, где сообщение — совокупность сведений о распределении света и тени на объекте и его цветности— преобразуется в электрический сигнал, который затем по линии связи передается к приемнику. Передача сигнала происходит в условиях неизбежного наличия шумов. Предельное количество информации (двоичных единиц), которое может быть передано без ошибки по каналу связи с шумами, определяется следующей формулой:

$$J_{\text{макс}} = FT \log_2 \left(\frac{P_{\text{с}} + P_{\text{ш}}}{P_{\text{ш}}} \right), \qquad (1)$$

где $P_{\text{с}}$ — средняя мощность сигнала;

$P_{\text{ш}}$ — средняя мощность шумов;

F — полоса пропускания канала;
T — время передачи.

Если мощность сигнала значительно больше мощности шумов, то

$$F = \frac{J_{\text{макс}}}{T \log_2 \frac{P_c}{P_ш}}. \qquad (2)$$

Отсюда видно, что ширина полосы частот, необходимая для передачи сообщения, может быть уменьшена: путем увеличения времени передачи, путем увеличения динамического диапазона при уменьшении того предельного количества информации, на передачу которого должна быть рассчитана система связи.

При определении полосы пропускания телевизионных систем принимается, что все изображение разбито на отдельные квадратные элементы со стороной, равной высоте одной строки. Телевизионные вещательные системы рассчитаны на передачу $\beta\alpha z^2$ элементов за один кадр, где z — число строк, α и β — коэффициенты, учитывающие формат кадра и время обратного хода развертки соответственно.

Если каждое изображение должно быть передано K раз в секунду, то общее число электрических сигналов S, посылаемых в секунду по электрическому каналу, будет равно числу элементов, умноженному на число кадров, т. е. $S = \alpha\beta z^2 K$, а полоса частот, на пропускание которой этот канал должен быть рассчитан, оказывается равной:

$$F = \frac{\alpha\beta\, z^2 K}{2}. \qquad (3)$$

Для того чтобы определить количество информации, представление телевизионного сигнала как непрерывной функции времени заменяется представлением его дискретными элементами с определенной длительностью и амплитудами. Это следует из того, что для передачи информации непрерывно меняющихся сигналов нет необходимости передавать значения сигналов во все моменты времени, а вполне достаточно ограничиться передачей этих сигналов через определенные промежутки времени, длительность которых определяется полосой частот передаваемых сигналов. Эти промежутки времени $\Delta t = \frac{1}{2F}$, где F — полоса частот

(рис. 5,*а*). Непрерывная функция сообщения может быть восстановлена по значениям

$$n = \frac{T}{\Delta t} = 2FT. \tag{4}$$

При исследованиях весь диапазон возможных значений сигнала разбивают на m равных уровней, размер интервала берут не меньше уровня напряжения помехи. Каждый такой интервал называют квантом. Заменив непрерывный сигнал последовательностью сигналов и округлив амплитуду каждого сигнала до ближайшей границы кванта, получают квантованный сигнал, состоящий из дискретных сигналов, с дискретным изменением амплитуд (рис. 5,*б*). Основное достоинство такого преобразования непрерывного сигнала, имеющего длительность T, в дискретный, квантованный заключается в том, что этот новый сигнал определяется теперь конечными числами m и $n = 2FT$.

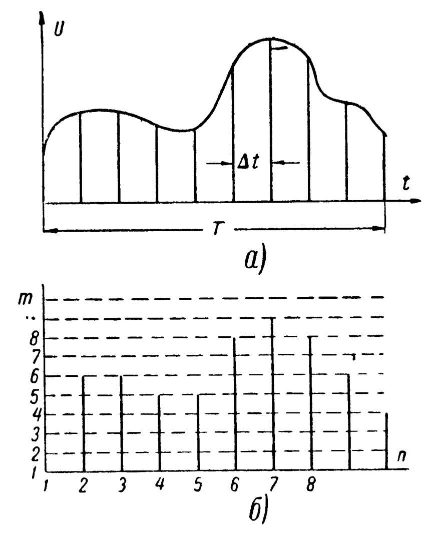


Рис. 5. Замена непрерывного сигнала конечным числом импульсов (*а*); квантование амплитуд импульсов (*б*).

Количество информации на один элемент изображения, с равной вероятностью принимающей одну из m градаций, определяется как $\log_2 m$. В качестве основания системы логарифмов берется 2, т. е. за единицу информации принята двоичная единица. Считается, что передача информации в одну двоичную единицу происходит в том случае, когда имеется всего лишь два равно возможных сообщения и передается одно из этих сообщений. Так, например, при бросании монеты возможны два равновозможных исхода «Герб» или «Надпись». Сообщение о том, что получился определенный исход бросания, например выпадания надписи, соответствует получению информации в одну двоичную единицу. При передаче одного сообщения из четырех

равновозможных передаётся две единицы информации, из восьми равновозможных — три единицы и т. д.

Таким образом, сообщение, которое может иметь m возможных независимых уровней, имеет информацию порядка $H_0 = \log_2 m$ двоичных единиц на элемент изображения.

Практические опыты показали, что при $m=32$ могут быть получены приемлемые по качеству изображения, а число уровней $m=64$ считается достаточным для практических целей.

Таким образом, один сигнал будет содержать

$H_0 \log_2 64 = 6$ двоичных единиц информации.

Максимальное количество информации (двоичных единиц в секунду), определяющее все возможные, отличные друг от друга сообщения, на передачу которого рассчитан канал связи, определяется выражением

$$J_{\text{макс}} = \alpha\beta z^2 K \log_2 m. \qquad (5)$$

Для стандарта советского телевизионного вещания максимальное количество информации определится величиной

$$J_{\text{макс}} = 0{,}77 \frac{4}{3} 625^2 \cdot 25 \cdot 6 \simeq 60 \cdot 10^6.$$

Этот результат справедлив для случая, когда все сигналы независимы и все амплитуды их одинаково вероятны, т. е. эта огромная величина соответствует изображениям, составленным из элементов, яркость которых хаотически изменяется в пределах дискретных значений.

Практически полная независимость сигнала в изображении нереальна. Большая площадь реальных телевизионных изображений имеет одинаковую яркость. Кроме того, при повторении одного изображения 25 раз в секунду происходит очень небольшое изменение его содержания от одного кадра к другому. Таким образом, в реальных изображениях имеют место сильные статистические связи между соседними, например, или соответственными элементами последовательных кадров. Эта взаимосвязь величин называется корреляцией. Из сказанного следует, что количество информации реального источника телевизионного сигнала J меньше, чем это следует из уравнения (5).

Величину $R = \frac{J_{\text{макс}} - J}{J_{\text{макс}}}$ называют избыточностью. Избы-

точность определяется как статистическими особенностями изображений, так и ограничениями зрительного восприятия.

Статистические методы сужения спектра

Статистические методы сужения спектра основаны на использовании статистической избыточности источника телевизионного сообщения. Последняя существенно связана с периодическим разложением изображения по строкам и кадрам. Спектр телевизионного сигнала имеет периодически повторяющиеся свободные участки.

Метод чересстрочной развертки. При построчной развертке спектр телевизионного сигнала содержит гармоники строчной частоты $f_с$, убывающие по амплитуде от нулевой гармоники (постоянная составляющая) к верхней части спектра. Около каждой гармоники $f_с$ группируются составляющие, отстоящие от нее на расстояния, кратные частоте полей $f_п$ (которая при построчной развертке совпадает с частотой кадров $f_к$). Амплитуды этих «боковых» составляющих быстро убывают по мере удаления от гармоник $f_с$. Участок спектра при построчной развертке неподвижного изображения показан схематически на рис. 6,*а*. При передаче же подвижного изображения эти дискретные составляющие спектра «расширяются» и превращаются в «полосы» частот.

При переходе к чересстрочной развертке частота строк $f_с$ уменьшается в 2 раза, т. е. гармоники сближаются и простираются теперь на вдвое меньшую область частот. Поскольку частота полей (полукадров) остается прежней, боковые составляющие вокруг каждой гармоники $f_с$ сохраняют взаимный разнос на $f_к$, но благодаря сближению гармоник $f_с$ группы боковых составляющих от соседних гармоник перекрываются. Для получения перемежения строк частота развертки по строкам выбирается нечетнократной половине частоты полей, т. е. частоте кадров $f_к$. В результате этого боковые составляющие от соседних гармоник $f_с$ переплетаются между собой, как показано на рис. 6,*б* и расстояния между соседними составляющими спектра становятся равными $f_к$.

Можно разбить передаваемый кадр на четыре поля и, производя аналогичное переплетение строк этих полей, дополнительно сократить частоту кадров и частотный спектр, занимаемый сигналом, еще в 2 раза. Однако качество получаемого изображения при этом оказывается неудовле-

творительным из-за кажущегося эффекта перемещения строк по вертикали и появления междустрочного мерцания.

Метод чересточечной развертки. При чересточечной развертке изображение вдоль строки разбивается на отдельные элементы. Засвечиваемые элементы экрана чередуются с участками таких же размеров, остающихся при данном ходе луча незатронутыми. Каждая строка развертывается теперь в два приема: сначала нечетный

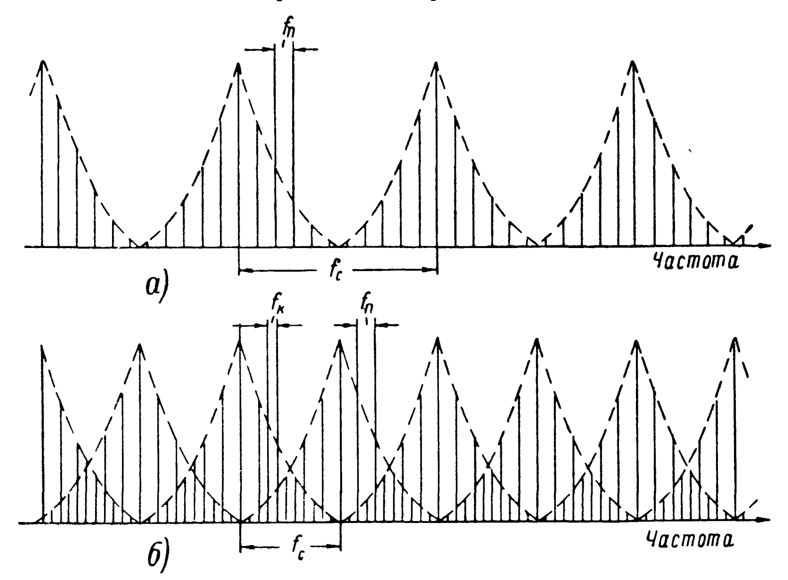


Рис. 6. Спектры телевизионного сигнала.
а — при построчной развертке; *б* — при чересстрочной развертке.

элемент, а затем четные. При использовании одновременно и чересстрочной развертки для получения полного кадра изображения требуется четыре поля и частота кадров понижается в 2 раза по сравнению с обычной чересстрочной разверткой. Переплетению точек растра, как и в случае переплетения строк, соответствует переплетение частот спектра. При этом число гармоник строчной частоты и расстояния между ними сохраняются прежними, а уплотнение спектра происходит за счет «вкладывания» его высокочастотной составляющей в низкочастотную. При этом расстояния между соседними гармоническими составляющими полного сигнала, как и полная полоса частот, необходимая для его передачи, уменьшаются вдвое (рис. 7).

Однако вводимое дробление изображения на элементы вдоль строк приводит к уменьшению субъективно воспринимаемой четкости. В результате эквивалентный выигрыш в полосе частот оказывается менее 1,5.

К методу точечного растра близок метод раздвоения строк. Электронный пучок при прочерчивании чересстрочного растра подвергается дополнительному высокочастотному отклонению. Через каждые два поля фазу дополни-

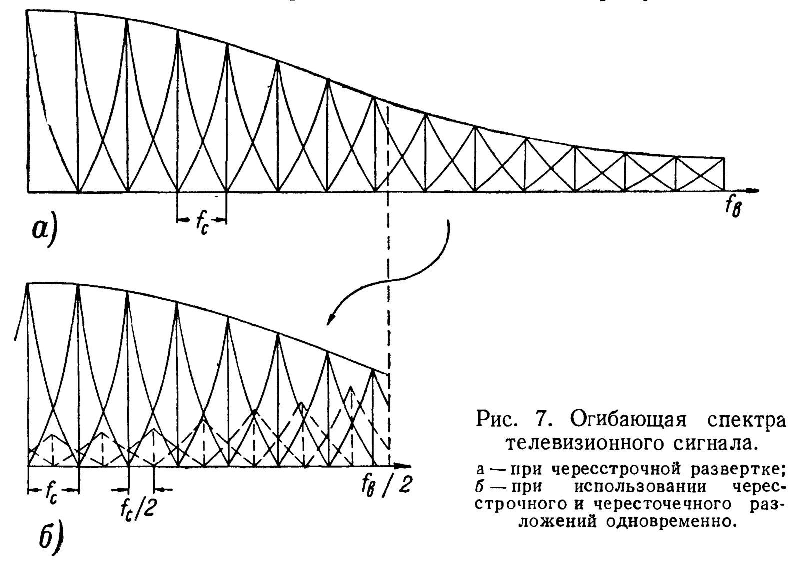


Рис. 7. Огибающая спектра телевизионного сигнала.

а — при чересстрочной развертке; б — при использовании чересстрочного и черессточечного разложений одновременно.

тельного отклонения изменяют на 180°. Здесь также полный растр развертывается на четыре поля и полоса частот сужается вдвое.

Методы междуканального уплотнения спектра. Под междуканальным уплотнением понимают случай работы двух или нескольких передатчиков (или передачи двух разных сигналов от одного передатчика) в одном и том же частотном канале.

Выше отмечалось, что энергия телевизионного спектра относительно мала в целом ряде его участков: между гармониками кадровой частоты, между гармониками строчной частоты и в высокочастотной области спектра. При использовании этих видов неоднородности спектра могут иметь место следующие случаи междуканального уплотнения: переплетение спектров, при котором переплетаются составляющие, близкие к гармоникам кадровой частоты

двух спектров; переплетение составляющих, близких к гармоникам строчной частоты двух спектров; простое наложение двух спектров их высокочастотными составляющими.

Принцип кодирования разностного сигнала. Знание предшествующего элемента (или нескольких элементов) позволяет с относительно большой вероятностью правильно предсказать на приемном конце значение последующего элемента. На приемный конец при этом достаточно передавать сигнал ошибки.

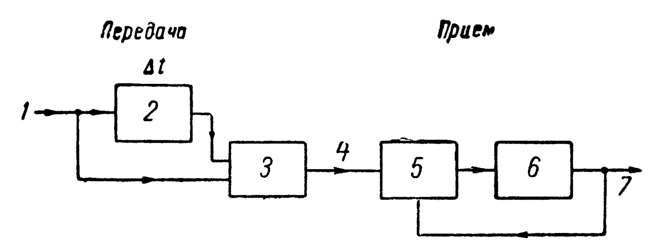


Рис. 8. Блок-схема системы связи с линейным предсказателем.

1 — телевизионый сигнал; 2 — линия задержки; 3 — дифференциальный усилитель; 4 — канал связи; 5 — суммирующий усилитель; 6 — линия задержки; 7 — выходной телевизионный сигнал.

По одному из способов в качестве предсказываемого значения берут предыдущее. Сигнал ошибки будет при этом разностью между последующим и предыдущим значениями сигнала (рис. 8). Время задержки Δt может быть равно длительности одного элемента, периоду строки, периоду кадра, и тогда получаются соответственно сигналы межэлементной, межстрочной и межкадровой разности.

Полученный разностный сигнал может быть подвергнут кодированию таким образом, что в результате передачи сигнала потребуется меньшее количество элементарных кодовых посылок, чем при непосредственном кодировании сигнала.

Такой разностный сигнал характеризуется неравномерной вероятностью различных уровней: наиболее вероятно появление нулевого уровня, наименее вероятно — максимального значения. Если такой сигнал подвергнуть кодированию неравномерным кодом с таким расчетом, чтобы наиболее вероятным значениям сигнала соответствовали наиболее короткие кодовые комбинации, то в результате передачи сигнала потребуется меньшее количество элементар-

ных кодовых посылок, чем при непосредственном кодировании сигнала тем же кодом.

Развертка с переменной скоростью. Имеется ряд предложений по сужению полосы частот в телевидении за счет осуществления развертки с переменной скоростью.

Известно, что высокочастотная часть спектра телевизионного сигнала определяет точность передачи резких перепадов яркости и мелких деталей. Для передачи же крупных деталей и плавных переходов яркости необходимо передавать низкочастотный спектр сигнала. Допустим, что осуществлена такая система, в которой скорость движения луча в передающей и приемной трубках не постоянная, как это обычно имеет место, а меняется в зависимости от состояния телевизионного сигнала. Так, в моменты передачи крутого перепада скорость развертки падает, фронт телевизионного сигнала растягивается во времени, частоты, необходимые для его передачи, снижаются. Наоборот, на пологих участках скорость развертки повышается, низкочастотные составляющие становятся более высокочастотными. В целом спектр телевизионного сигнала при этом (как полагают авторы предложения) снижается. Попытки реализации этих предложений не привели к положительным результатам.

В результате попытки усовершенствования системы с переменной скоростью развертки появился метод двухскоростной развертки. Скорость развертки здесь имеет два значения. Участки сигнала, имеющие постоянное значение, передаются с большой скоростью, а изменяющиеся участки сигнала передаются с меньшей скоростью, что может привести к уменьшению необходимой полосы частот.

Передача координат новых значений. Для восстановления исходного изображения на приемном конце достаточно передавать только яркость и координаты тех точек изображения, в которых яркость принимает значения, отличные от предыдущих. Поскольку переходы к новым значениям яркости более редки, чем переходы к прежним значениям, подобная передача может потребовать меньшей полосы частот, чем непосредственная передача исходного сигнала.

При этом могут быть переданы либо обе координаты нового элемента, либо одна «строчная» координата, а переход от строки к строке осуществляется с помощью специального сигнала, который должен быть передан после

того, как передан последний новый элемент, принадлежащий данной строке.

На рис. 9 поясняется метод подобной телевизионной передачи. Из сигнала, квантованного на дискретные амплитудные уровни (рис. 9,*а*, ступенчатая кривая), с помощью

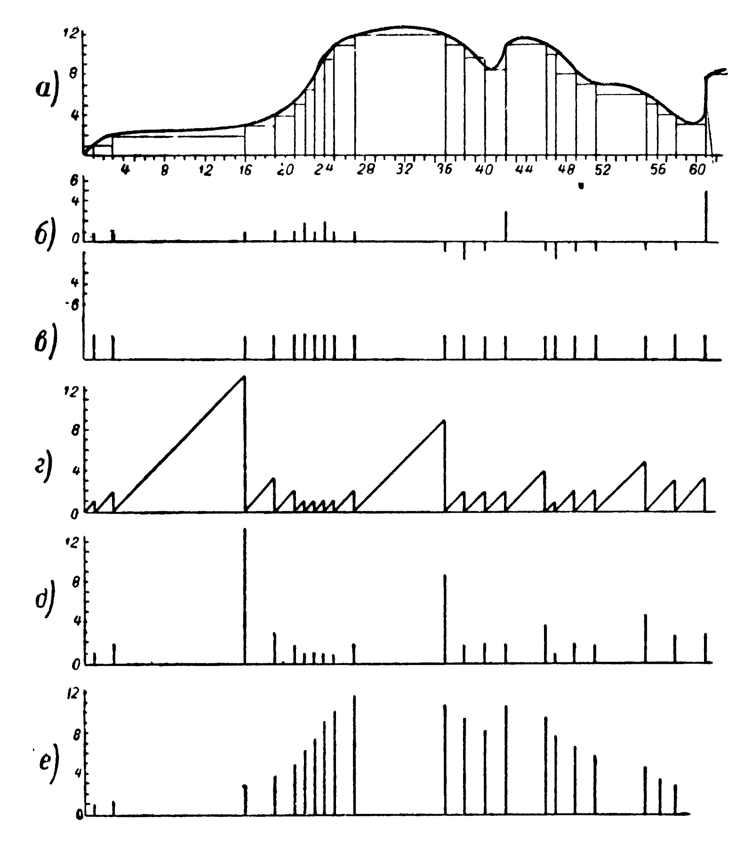


Рис. 9. Принцип передачи координат новых значений.

дифференцирующей схемы получается последовательность коротких импульсов, возникающих в моменты изменения уровня сигнала (рис. 9,б). После выпрямления и ограничения эти импульсы приобретают одинаковую полярность и амплитуду (рис. 9,*в*). Управляя работой генератора пилообразного напряжения, они создают пилообразный сигнал,

пиковые значения которого являются мерой расстояния между соседними переходами в дискретизированном сигнале (рис. 9,*г*, *д*, *е*).

Методы сокращения спектра, использующие особенности зрительного восприятия

Предложено много методов сокращения спектра, основанных на использовании особенностей зрительного восприятия и психологии наблюдателя. Кратко остановимся на некоторых из них.

Для улучшения качества телевизионного изображения при передаче с сокращенной полосой частот был предложен метод увеличения резкости переходов. В основу метода положено предположение, что все плавные изменения яркости в принятом телевизионном изображении возникают из-за недостаточной полосы частот и что в передаваемом изображении они являются более резкими. Для увеличения резкости переходов к принятому сигналу добавляются корректирующие импульсы, получаемые дифференцированием того же сигнала. Возникающее увеличение крутизны переходов как бы эквивалентно расширению в приемнике полосы частот принятого сигнала.

Предполагалось поочередно выбрасывать одну из двух высокочастотных составляющих спектра сигнала. Для этого исходный спектр телевизионного сигнала разбивается на две части. Наиболее низкочастотная из них передается как обычно, а средняя и высокочастотная части — поочередно через одно поле изображения. При этом высокочастотная часть спектра переносится в его среднюю часть, в результате чего полный преобразованный спектр составляет лишь $^2/_3$ от исходного спектра.

В одном из предложений учитывается свойство зрения не замечать неточность воспроизведения малых деталей изображения. На этом основании предполагается производить квантование высокочастотных составляющих сигнала либо его резких переходов при значительно пониженном числе уровней квантования. При использовании последующего кодирования этим можно достигнуть некоторого сужения полосы частот.

Нужно заметить, что упомянутые выше методы сужения спектра, основанные на переплетении спектров, используют инерционность зрения.

Сужение спектра за счет увеличения времени передачи

Из рассмотрения выражения (2) следует, что ширина полосы частот, необходимая для передачи сообщения, может быть уменьшена за счет увеличения времени передачи. С этой целью исходный сигнал необходимо накопить, после чего передавать с замедленной скоростью. Полоса частот при этом сокращается во столько раз, во сколько скорость считывания меньше скорости записи. Промежуточную запись изображения можно производить, например, на мишени передающей трубки с памятью, на магнитной или термопластической ленте, на кинофотопленке. При приеме такого сигнала также необходимо использовать накопление; ускоренное воспроизведение накопленного сигнала приведет к восстановлению исходного сигнала. Метод замедленной передачи непригоден для телевизионного вещания, однако он является чрезвычайно эффективным для прикладного телевидения.

Обмен полосы частот на время передачи был успешно использован советскими учеными для передачи сигналов с автоматической межпланетной станции, что позволило воспроизвести изображение обратной стороны Луны, полученное на борту ракеты. Этот же метод сокращения полосы частот был использован при первой телевизионной передаче из космоса изображений животных, находившихся на борту второго советского космического корабля.

Метод резкого сокращения числа кадров находит применение в разрабатываемых системах видеотелефонной связи.

Предложено много других методов сокращения спектра частот телевизионного сигнала, которые наряду с вышеупомянутыми либо находятся в стадии теоретического и экспериментального исследования, либо находят применение в действующих телевизионных системах различного назначения.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

РАЗВИТИЕ ПРИЕМНОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ТЕХНИКИ

Все более быстрыми темпами развивается телевизионная приемная техника. Непрерывно совершенствуются электрические схемы телевизионных приемников и прием-

ные телевизионные трубки, совершенствуются узлы и детали телевизоров. Новые модели телевизоров имеют значительно бо́льшую чувствительность по сравнению с ранее выпускавшимися. Так, напимер, если в 1947—1954 гг. чувствительность телевизоров составляла 500—1 000 *мкв*, то в настоящее время она составляет 50—200 *мкв*. Конструкции выпускаемых промышленностью телевизоров стали более компактными и изящными по внешнему оформлению, сократился их вес. Мощность, потребляемая телевизорами от сети, сократилась в 2—3 раза по сравнению с 1950 г., составляя в настоящее время для ламповых телевизоров 120—240 *вт*.

В настоящее время достигнута унификация (однообразие) таких узлов телевизоров, как строчные трансформаторы, отклоняющие системы, блоки переключателей телевизионных каналов, что позволяет организовать централизованное изготовление, упрощает разработку новых моделей, облегчает обслуживание и ремонт телевизоров. Ведется работа по унификации более крупных блоков: усилителей низкой и высокой частоты, источников питания и т. п.

В связи с резким возрастанием числа выпускаемых нашей промышленностью телевизоров большое внимание уделяется повышению надежности работы приемных устройств.

При совершенствовании схем телевизионных приемников определенное внимание уделяется автоматической подстройке частоты. В ряде моделей автоматическая подстройка комбинируется с ручной настройкой по индикатору. Создаются модели телевизоров с автоматической регулировкой контрастности и яркости изображения. Автоматическая регулировка этих параметров в соответствии с освещенностью помещения позволяет упростить управление телевизорами и осуществляется с помощью фотоэлемента, вырабатывающего напряжение смещения, поступающее на управляющий электрод электронно-лучевой трубки.

При совершенствовании схем телевизионных приемников большое внимание обращается на вопросы стабильности высокого напряжения и отклоняющих колебаний, уменьшения искажений растра, снижению мешающего действия разного рода помех. В ряде моделей телевизоров предусматривается дистанционное управление включением и регулировкой приемного устройства. Принимаются меры для улучшения качества звучания. Применяют несколько

громкоговорителей, широкополосные агрегаты, создающие стереофонический эффект.

Прогресс приемной телевизионной техники зависит не только от усовершенствования применяемых схем, но в большей мере от развития и улучшения приемных трубок, от создания надежных малогабаритных и экономичных деталей — полупроводниковых выпрямительных, усилительных и переключающих элементов, малогабаритных сопротивлений, конденсаторов, сердечников и других деталей, от совершенствования технологии печатного монтажа, от совершенствования методов получения изображений больших размеров, пригодных для массового наблюдения.

Совершенствование приемных трубок

Приемная трубка определяет в значительной степени качество воспроизводимого изображения, габариты, вес, стоимость и надежность работы телевизора. В соответствии с этим разработка и усовершенствование приемных трубок направлены на увеличение размеров экрана и улучшение светотехнических свойств последнего, повышение долговечности и механической прочности трубок, уменьшение стоимости их изготовления, создания трубок таких конструкций, которые позволяют упростить цепи управления электронным пучком и уменьшить расходуемую в этих цепях электрическую энергию.

В первые послевоенные годы наша промышленность выпускала цельностеклянную трубку с круглым экраном диаметром 180 *мм*, в 1948—1949 гг. промышленностью осваиваются трубки с экранами диаметром 230 и 300 *мм* и углом отклонения 60°, а в 1954 г. — первая отечественная металлостеклянная трубка с экраном диаметром 400 *мм* и углом отклонения 70°. Увеличение угла отклонения позволяет укоротить трубку не только за счет уменьшения расстояния между центром отклонения электронного пучка и экраном, но и благодаря уменьшению расстояния между катодом и фокусирующей линзой.

Основные трудности, возникающие при изготовлении электронно-лучевых трубок с большими размерами экрана, связаны с необходимостью учета атмосферного давления, испытываемого стенками колбы при наличии внутри баллона высокого вакуума. Увеличение диаметра экрана связано с увеличением ряда размеров трубки, с ее удлинением, а значит — со значительным возрастанием площади, подвергающейся атмосферному давлению. Для придания

прибору большей прочности его форму желательно приближать к шарообразной, устранять острые изгибы граней и т. п. Последнее находится в противоречии с электрическими и светотехническими требованиями. Желательно иметь плоский экран и с точки зрения удобства наблюдения.

Чтобы по возможности сократить габаритные размеры трубок с большими экранами, с 1955 г. у нас создаются как стеклянные, так и металло-стеклянные трубки с экранами прямоугольной формы с размерами диагонали 350, 450 и 530 *мм*. Эти трубки имеют меньшую симметрию, чем трубки с круглым экраном, а это значительно усложняет их изготовление. В названных трубках применяется электростатическая фокусировка, что позволяет сократить мощность выпрямительных устройств и уменьшить количество меди примерно на 0,5 *кг* в каждом приемнике за счет устранения фокусирующей катушки. В целях увеличения контрастности изображения в трубках используется переднее стекло с нейтральной окраской. Это стекло играет роль фильтра, который значительно ослабляет влияние засвета экрана посторонними источниками света на величину контраста изображения и препятствует снижению контраста из-за многократных отражений световых лучей в стекле дна трубки.

Сейчас начато серийное производство металло-стеклянных трубок с углом отклонения электронного пучка 110°. Размер экрана этих трубок по диагонали составляет 43 и 53 *см*. Увеличение угла отклонения с 70 до 110° позволило при неизменных размерах экрана резко сократить длину трубок. Так, например, если длина трубки 43ЛК2Б (угол отклонения 70°) равна 505 *мм*, то длина трубок 43ЛК6Б (угол отклонения 110°) не превышает 330 *мм*.

Разработана приемная трубка с углом отклонения пучка 110° и размерами экрана 570×710 *мм* (размер по диагонали около 90 *см*).

При использовании широкоугольных трубок возникают две проблемы: необходимо устранить затемнение углов на поле экрана и обесточить достаточно эффективное отклонение электронного пучка при относительно небольшой мощности генераторов развертки. Первая проблема решается путем придания колбе (в месте перехода горловины в коническую часть) определенной формы и размещения передней части отклоняющих катушек на конусе колбы трубки. Для повышения эффективности отклонения пучка

диаметр горловины уменьшен с 38 до 29 *мм*. Отклоняющие катушки новых трубок имеют седлообразную форму и снабжаются коническими ферритовыми кольцами с высокой магнитной проницаемостью. Геометрические искажения уменьшаются подгонкой формы отклоняющих катушек и установкой в передней части отклоняющей системы корректирующих постоянных магнитов. Нелинейность отклонения, имеющая здесь место, компенсируется специальными элементами в самих блоках разверток. Центровка изображения производится с помощью плоских магнитных колец. Эти кольца помещаются в непосредственной близости к хвостовой части отклоняющей системы.

Многие новые отечественные модели телевизоров («Темп-7», «Рубин-104» и др.) работают с трубками с углом отклонения 110°.

Угол отклонения 110° не является предельно большим. В печати появились сообщения о разработке приемных трубок с углами отклонения 160 и 170°. Трубка с углом отклонения 170° и экраном 43 *см* имеет длину всего 12 *см*.

Срок службы трубок, определяемый изменением во времени светотехнических свойств экрана, и долговечность катода в значительной степени зависят от качества применяемых материалов и степени вакуума в колбе трубки. Ионизация остатков газа приводит к образованию положительных и отрицательных ионов. Положительные ионы бомбардируют катод и уменьшают срок его службы. Отрицательные ионы бомбардируют экран. Поскольку в большинстве трубок принято магнитное отклонение, центральная часть экрана подвергается более интенсивной бомбардировке, ибо угол отклонения ионов меньше, чем электронов. В результате преждевременно понижается светоотдача центральной части экрана и наблюдается темное, так называемое ионное пятно.

Для борьбы с ионным пятном используют ионные ловушки, которые отводят ионы в цепь анода, не позволяя им попасть на экран. В настоящее время без ионной ловушки не выпускается ни одна приемная трубка, за исключением трубок, имеющих специальное защитное покрытие экрана.

Защитное покрытие представляет собой тонкую алюминиевую пленку, наносимую на поверхность экрана, обращенную к катоду. Толщина пленки берется такой, чтобы она поглощала лишь ничтожную долю энергии электронов пучка и полностью поглощала ионы равной энергии.

Металлизация экрана приводит к значительному улучшению свойств трубки. Устраняется ионное пятно, значительно увеличиваются яркость свечения и контрастность изображения, так как металлическая пленка зеркально отражает свет, распространяющийся от облучаемого элемента люминофора внутрь экрана. В этих трубках улучшаются условия отвода электрических зарядов от экрана по проводящему металлическому слою к источнику питания. За счет этого уменьшается зависимость яркости свечения экрана от колебаний анодного напряжения трубки.

Металлизация экранов эффективна лишь при высоких ускоряющих напряжениях, так как от этого зависит глубина проникновения электронов: чем меньше ускоряющее напряжение, тем меньшая доля электронов способна пройти сквозь металлическую пленку, не потеряв значительной доли начальной энергии. В настоящее время трубки с алюминированными экранами могут работать при анодных напряжениях порядка 10 *кв*.

Длина трубки может быть резко снижена за счет радикального изменения методов отклонения пучка. Принцип действия одной из таких трубок поясняется с помощью рис. 10,*а*. Здесь электронный пучок выходит из прожектора вертикально вниз. Прожектор во избежание взаимодействия полей отделен магнитным экраном от области, где расположен люминесцирующий экран. Магнитный экран является одновременно опорной пластиной, на которой укреплены все электроды электронно-оптической системы. Электронный пучок, вышедший из прожектора, проходит через пару отклоняющих пластин, перемещающих его в горизонтальном направлении, в плоскости, параллельной экрану. Затем пучок проходит между двумя парами пластин, корректирующих его положение, и направляется к специальной электростатической поворачивающей линзе, состоящей из трех электродов, один из которых имеет потенциал катода, а два других — потенциал анода прожектора. Эта линза меняет направление движения электронов пучка на 180°. Затем электронный пучок проходит через сильную магнитную линзу, которая направляет его точно вертикально вверх, в пространство между люминесцирующим экраном и опорной пластиной.

По достижении определенного уровня пучок изгибается в направлении к экрану, имеющему высокий положительный потенциал, и вызывает его свечение. В соответствии с изменением напряжения на отклоняющих пласти-

нах световое пятно на экране смещается в горизонтальном направлении, прочерчивая строку.

Изгиб пучка в направлении к люминесцирующему экрану и смещение точки попадания его на экран в вертикальном направлении осуществляются путем использования

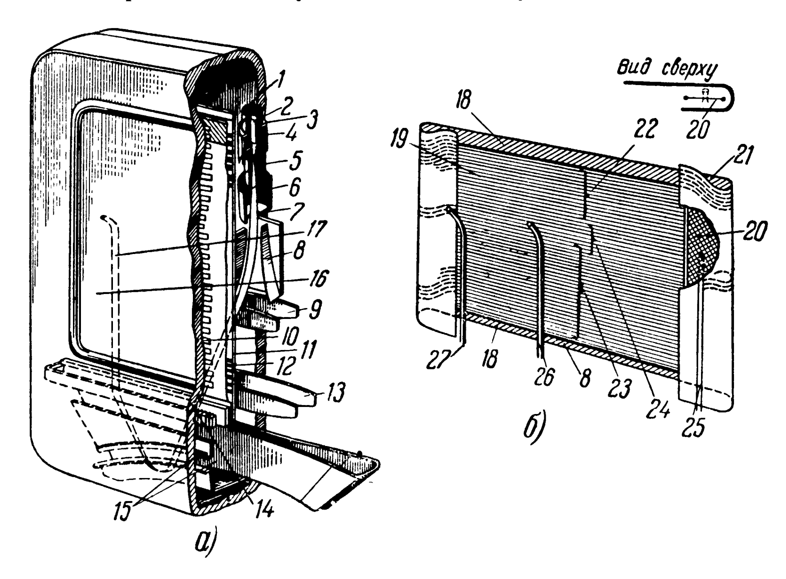


Рис. 10. Устройство плоской вакуумной электронно-лучевой трубки (*а*) и система проводников для получения саморазвертки пучка по кадрам (*б*).

1 — общий управляющий электрод; *2* — катод; *3* — первый ускоряющий электрод; *4* — регулировка размера светового пятна; *5* — второй ускоряющий электрод; *6* — первый анод; *7* — второй анод; *8* — строчные отклоняющие пластины; *9* — первые корректирующие пластины; *10* — теневая маска; *11* — магнитный экран; *12* — система отклонения по кадру; *13* — вторые корректирующие пластины; *14* — магнитный коллиматор; *15* — электроды поворачивающей линзы; *16* — экран; *17* — электронный пучок; *18* — проводящее покрытие; *19* — система проводников; *20* — сетчатый экран; *21* — потенциал катода; *22* — полоски с низким потенциалом; *23* — полоски с максимальным потенциалом; *24* — полоски с промежуточным потенциалом; *25* — положение пучка при обратном ходе по кадру; *26* — положение пучка при развертке строки; *27* — положение пучка при обратном ходе по строке.

принципиально нового метода развертки — при помощи бегущей электрической волны, создаваемой самим пучком, который благодаря этому сам себя развертывает. Электроды фокусирующе-отклоняющей системы, производящей развертку по кадру, расположены на расстоянии в несколько миллиметров от передней поверхности опорной пластины. Фокусирующе-отклоняющая система (рис. 10,*б*) состоит из большого числа (около 100) горизонтальных, изолированных друг от друга полосок проводника, нане-

сенных печатным способом на изоляционную пластину, покрытую термостойким кремнеорганическим лаком. Сверху и снизу на эту пластину нанесены две проводящие полосы; верхняя имеет потенциал катода, нижняя — потенциал второго анода. Система этих полосок расположена между магнитным и люминесцирующим экранами трубки.

Проводящие полоски электрически с другими электродами не связаны. Они заряжаются и разряжаются электронным пучком. В процессе развертки, если пучок находится, например, в середине кадра (рис. 10,*б*), полоски, лежащие ниже прочерчиваемой строки, имеют максимальный положительный потенциал, находящиеся выше — потенциал, равный 0,25 от названного положительного потенциала, а несколько полосок, расположенных на границе между ними,— промежуточный потенциал. Такое распределение потенциалов и вызывает искривление траектории пучка по направлению к экрану.

Фокусирующе-отклоняющая пластина по боковым сторонам свернута и образует две петли. В этих петлях проводники смещены вверх на определенную величину относительно их длинных горизонтальных участков.

Пока пучок находится внутри области изображения, пятно на экране движется точно по горизонтальной прямой (под воздействием горизонтально отклоняющего напряжения, подводимого к пластинам). Однако когда развертка по строке заканчивается, электронный пучок переходит в левую петлю и попадает на один или несколько проводников переходной зоны. Область, находящаяся за точкой попадания электронного пучка на проводники, имеет более низкий потенциал и поэтому возвращает обратно вторичные электроны, выбиваемые с проводников электронным пучком. Следовательно, проводники, на которые попадает электронный пучок, будут разряжаться отрицательным зарядом, создаваемым электронным пучком. Это вызовет смещение переходной зоны вниз, и следующая строка изображения будет расположена на более низком уровне. Если ток в течение времени нахождения пучка в правой петле подобран правильно, то световое пятно на люминесцирующем экране после каждого цикла строчной развертки будет смещаться вниз как раз на необходимую величину — высоту одной строки.

Завершив развертку одного кадра, пучок останавливается и, находясь внизу, бомбардирует правые изогнутые части полосок. Правая петля отличается от левой несколь-

ко бо́льшим сдвигом проводников и наличием сетчатого экрана между пучком и конечными участками проводников. Сетка находится под максимальным положительным потенциалом, благодаря чему вторичные электроны, выбиваемые пучком из проводящих полосок, попадают на сетку. Коэффициент вторичной электронной эмиссии проводников фокусирующе-отклоняющей системы больше единицы, а это значит, что при бомбардировке электронным пучком проводящие полоски будут излучать большее число электронов, чем получать от электронного пучка. Поэтому проводники будут заряжаться до потенциала экранирующей сетки. Пучок заряжает положительно вышележащие полоски и одновременно перемещается вверх, после чего начинается новый цикл развертки.

В верхней части фокусирующе-отклоняющей системы расположена металлическая полоса (катодная пластина), имеющая потенциал катода. В момент начала нового цикла развертки пучок перемещается из области экранирующей сетки в область катодной пластины. Катодная пластина направляет пучок на люминесцирующий экран. Чересстрочная развертка создается за счет некоторого изменения потенциала катодной пластины в течение различных полукадров таким образом, чтобы развертка начиналась на уровнях, различающихся между собой на величину расстояния между строками.

Глубина таких трубок (их толщина) лежит в пределах 9—12 *см* при размерах диагонали экрана 30—53 *см*. Разработаны плоские цветные трубки. Главным достоинством таких трубок является малая глубина, что позволяет значительно сократить габариты телевизоров.

Электролюминесцентные воспроизводящие приборы

В последние годы выявились возможности создания твердых безвакуумных воспроизводящих телевизионных приборов на основе использования явлений электролюминесценции совместно с явлениями фотопроводимости и сегнетоэлектричества твердых тел.

Электролюминесценцией называют все виды свечения, возникающие при возбуждении твердого тела переменным электрическим полем. Отдельные случаи электролюминесценции наблюдались уже давно, однако лишь в 1950 г. появилось первое сообщение о практическом использовании электролюминесцентного источника света. С этого и началось развитие исследований явлений электролюминесцен-

ции и их практического применения в ряде областей техники, в том числе — телевидения.

Рассмотрим некоторые свойства электролюминесценции, возникающей в кристаллах, помещенных в среду изолятора при наложении больших электрических полей. Возникает электролюминесценция при напряженностях 10 000—100 000 *в/см*. Чтобы получить достаточную напряженность поля в люминофоре при подаче напряжения средней величины, толщина электролюминесцирующего элемента должна быть очень малой. В существующих приборах толщина ячейки составляет 25—100 *мк*, чему соответствуют рабочие напряжения от 100 до 600 *в*.

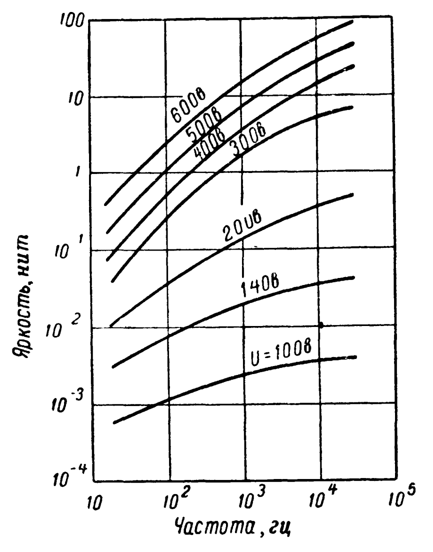


Рис. 11. Зависимость яркости свечения электролюминенсцентной панели от частоты и величины приложенного напряжения.

При возбуждении электролюминофора переменным электрическим полем излучается мерцающий свет, частота которого вдвое превышает частоту приложенного напряжения. Типовые характеристики зависимости яркости свечения от частоты возбуждающего напряжения приведены на рис. 11. На низких частотах яркость свечения прямо пропорциональна частоте возбуждающего напряжения. На более высоких частотах наблюдается слабая тенденция к насыщению. Крутизну характеристики можно менять, изменяя состав электролюминофора или технологию его обработки.

Цвет испускаемого излучения некоторых электролюминофоров зависит от частоты приложенного напряжения. Так, например, при применении сульфида цинка, активированного медью и свинцом, в диапазоне частот от 60 до 800 *гц* преобладает зеленое свечение. На частотах, бóльших 800 *гц* наблюдается голубовато-зеленое свечение, которое переходит в чисто голубое при очень высоких частотах.

Цветовые сдвиги с изменением частоты могут получаться и иными путями. Можно, например, изготовить многослойный элемент, состоящий из нескольких электролюминесцентных пластин с разными люминофорами и прозрачными промежуточными электродами. Отдельные пластины представляют собой конденсаторы, которые могут быть настроены на различные частоты с помощью последовательно включенных индуктивностей; каждая такая цепь подключается параллельно источнику напряжения.

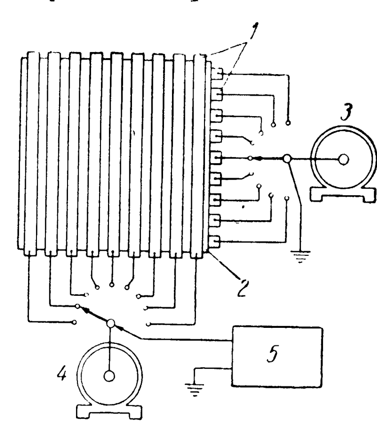


Рис. 12. Схема коммутации простейшего электролюминесцентного устройства, предназначенного для воспроизведения изображений.

1—проводящие полосы; 2—слой электролюминофора; 3—вертикальный распределитель; 4—горизонтальный распределитель; 5—источник управляющего напряжения.

Простейший телевизионный оконечный преобразователь можно представить в виде двух взаимно-перпендикулярных систем параллельных электродов, между которыми помещен электролюминофор. В одной системе число горизонтальных проводников равно числу строк разложения, во второй — число вертикальных проводников равно числу элементов изображения вдоль строки. Если приложить разность потенциалов к двум электродам, располагающимся по разные стороны люминофора, то будет наблюдаться свечение в точке перекрещивания этих электродов. Подключая в определенной последовательности другие электроды к источнику возбуждающего напряжения при помощи соответствующих распределителей (рис. 12), можно воспроизвести по точкам все изображение. Такое безвакуумное устройство может в принципе заменить современную электронно-лучевую трубку, имея при любой большой площади малую толщину (не более 1 *см*).

Основные трудности практического внедрения электролюминесцентных преобразователей в телевидение связаны с осуществлением развертки. На практике механические коммутаторы (рис. 12) можно заменить электронными эквивалентами: линиями задержки, многоконтактными

электронно-лучевыми переключателями, частотно-избирательными фильтрами, электронными счетными схемами.

Скорость коммутации таких устройств ограничивается необходимостью отвести для засвечивания каждого элемента время, равное длительности нескольких периодов возбуждающего напряжения. Помимо этого, яркость изображения для системы, показанной на рис. 12, при сколько-нибудь значительном числе элементов будет слишком

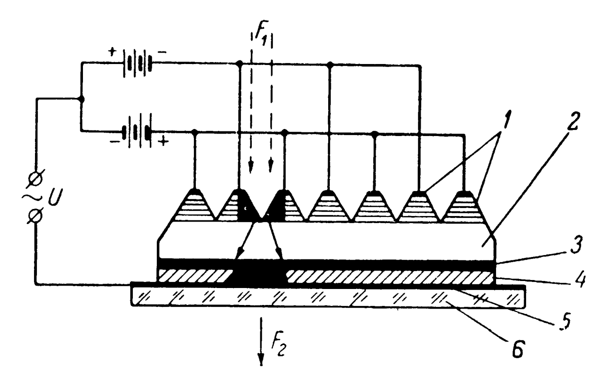


Рис. 13 Устройство фотопроводникового усилителя яркости изображения (разрез).

1 — желобчатый фотопроводник; 2 — токорассеивающий слой; 3 — защитный слой; 4 — электролюминофор; 5 — прозрачный проводящий электрод; 6 — стекло; F_1 — падающий световой поток; F_2 — усиленный световой поток.

малой. Действительно, для системы из N элементов каждый элемент будет возбуждаться в течение лишь $1/N$ общего времени и яркость снизится в N раз. Поэтому любая практическая система должна быть основана на эффекте накопления или запоминания для увеличения времени возбуждения каждого элемента.

Разрабатывались приборы, представляющие собой сочетание электролюминесцентного преобразователя электрических сигналов в световые и электролюминесцентного фотопроводникового усилителя яркости.

Существует несколько видов конструкций электролюминесцентных фотопроводниковых усилителей яркости. Конструкция одного из них схематически показана на рис. 13. Здесь на проводящее прозрачное покрытие стеклянной пластинки напыляется слой электролюминофора толщиной около 0,25 *мм*. На него наносится защитный непрозрачный слой толщиной в несколько микрон, который в свою оче-

редь покрывается более толстым слоем сульфида кадмия. Затем производится напыление фотопроводника из сульфида кадмия, взвешенного в связующем веществе, на токорассеивающий слой. После напыления на фотопроводящую поверхность серебряной краски в фотопроводнике вырезаются тонкие У-образные желобки, причем на вершинах желобков остаются узкие проводящие серебряные полоски. Проводящие полоски соединяются с общим зажимом и являются одним из контактных электродов устройства. Другим контактным электродом служит прозрачное проводящее покрытие на стекле.

Токорассеивающий слой здесь нужен для того, чтобы фототок, прежде чем войти в слой люминофора, мог несколько рассеяться. В противном случае фототоки протекали бы от дна каждого желобка к люминофору в слишком ограниченных зонах.

Если на такую панель спроецировать изображение, то произойдет преобразование изображения данной яркости в изображение другой яркости. В темноте при приложенном между фотопроводниковым слоем и электролюминофором напряжении бо́льшая часть последнего приходится на фотопроводниковые элементы. При освещении отдельных участков фотопроводника их проводимость увеличивается и большая доля вобуждающего напряжения прокладывается к соответствующим участкам электролюминофора, обусловливая их свечение. Яркость выходного изображения может быть значительно большей яркости входного.

Условия нормальной эксплуатации фотопроводника и электролюминофора различны. Эффективность фотопроводникового слоя резко снижается при применении переменного возбуждающего поля вместо постоянного, в то время как для нормальной работы электролюминесцентного элемента необходимо переменное напряжение. Поэтому в данном усилителе яркости к каждой паре соседних ребристых участков фотопроводника приложены постоянные напряжения различной полярности. Величина этих напряжений смещения равна амплитудному значению переменного напряжения. Через каждый элемент фотопроводникового слоя проходит ток различной величины, но одного определенного направления. В таком режиме работы средняя величина фототока при определенном переменном напряжении почти такая же, как и на постоянном токе. Электролюминофор работает на переменном токе.

Электролюминесцентный экран с фотопроводниковым

слоем не удовлетворяет многим требованиям. Скорость развертки у такого экрана ограничивается инерционностью фотопроводниковых слоев.

В литературе описаны экспериментальные устройства, где в качестве управляющих электродов используются элементы из сегнетоэлектрика. Здесь используется свойство сегнетоэлектрических элементов менять свою емкость при изменении величины приложенного напряжения.

Возбуждающее электролюминесценцию напряжение прикладывается к последовательно включенным электро-

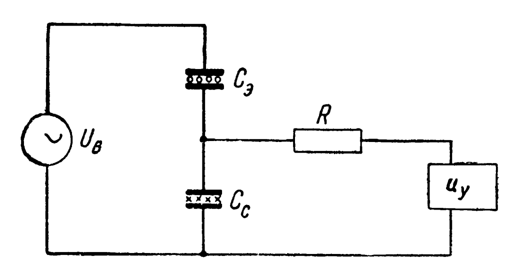


Рис. 14. Эквивалентная схема элемента электролюминесцентного экрана с сегнетоэлектриком.

$U_в$ — источник возбуждающего напряжения; $U_у$ — источник управляющего сигнала; $C_с$ — сегнетоэлектрический конденсатор; $C_э$ — электролюминесцентный конденсатор.

люминофору и материалу, обладающему сегнетоэлектрическими свойствами (т. е. способность изменять диэлектрическую проницаемость при изменении напряженности электрического поля). Ячейка такого экрана может рассматриваться как последовательное соединение электролюминесцентного и сегнетоэлектрического конденсаторов. На рис. 14 показана эквивалентная схема подобной ячейки. Как видно из схемы, доля напряжения, возбуждающего электролюминесценцию, зависит от емкости сегнетоэлектрического конденсатора. Емкость же последнего управляется видеосигналом.

В качестве электролюминесцентного элемента использовался порошкообразный электролюминофор в диэлектрике, помещенный между проводящими электродами, а в качестве сегнетоэлектрического элемента — керамическая панель из титаната бария и стронция. Характер зависимости емкости сегнетоэлектрического элемента от приложенного

напряжения таков, что увеличение видеосигнала приводит к увеличению емкости сегнетоэлектрического конденсатора, а следовательно, и к перераспределению напряжений на электролюминофоре и диэлектрике.

Если отключить источник управляющего напряжения от сегнетоэлектрического элемента, то сохранившийся на конденсаторе заряд в силу большого диэлектрического сопротивления сегнетоэлектрика обусловит сохранение установленного ранее значения емкости, а следовательно, и сохранение яркости свечения электролюминесцентной ячейки. Последнее обусловливает накопительные свойства экрана. Время накопления для экспериментальной панели составляло несколько минут, отношение максимальной яркости к минимальной составило 100/1.

Форма экрана зависит от формы ячеек и конструкции деталей системы распределения управляющих сигналов — системы развертки. При разработке конструкции многоэлементного экрана одним из основных требований является обеспечение возможности применения несложной механизированной технологии для изготовления возможно большего количества ячеек, приходящихся на единицу площади.

В электролюминесцентно-сегнетоэлектрических экранах могут быть применены различные методы развертки. Рассмотрим некоторые из них.

В лаборатории была испытана система распределения зарядов, которая позволит сделать детали распределяющей системы составной частью экрана. Принцип действия системы распределения зарядов показан на рис. 15. Здесь видеосигнал одной развертываемой строки сначала подводится к электрическим ключам, связанным с системой промежуточных накопительных ячеек. На каждый элемент строки изображения приходится одна накопительная промежуточная ячейка. Подводимый видеосигнал прикладывается ко всем ключам одновременно. Каждая ячейка связана с распределителем коммутирующих импульсов. Источник X-импульсов создает один импульс через каждый строчный интервал; генератор этих импульсов синхронизируется строчными синхронизирующими импульсами, являющимися составной частью видеосигнала. Сам распределитель импульсов может быть выполнен в виде линии задержки. От распределителя импульсов напряжения подводятся к каждой промежуточной ячейке поочередно.

Аналогичный распределитель подводит Y-импульсы на-

пряжения к различным строкам растра. Этот распределитель подводит импульсы напряжения ко всем элементам одной строки одновременно.

Видеосигнал может быть подан на вход накопительной ячейки лишь в том случае, когда к ячейке прикладываются X-импульсы от распределителя. Для этой цели и предусматривается установка электрических ключей, например,

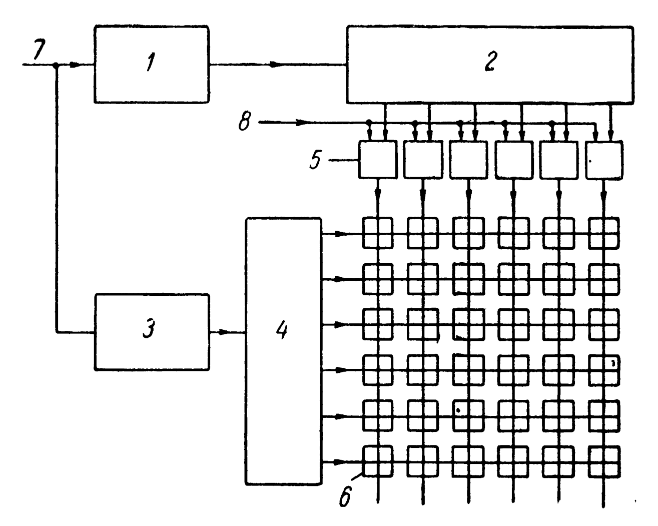


Рис. 15. Блок-схема системы распределения управляющих сигналов.

1 — источник отпирающих горизонтальных импульсов; *2* — распределитель горизонтальных отпирающих импульсов; *3* — источник вертикальных отпирающих импульсов; *4* — распределитель вертикальных отпирающих импульсов; *5* — электрические ключи, отпираемые горизонтальными импульсами, и промежуточные накопительные ячейки; *6* — элемент ключа; *7* — синхронизирующие импульсы; *8* — видеосигнал.

в виде диодов. Каждый диод, отпираясь под действием X-импульсов напряжения, подводит к промежуточной ячейке хранения видеосигнал, соответствующий определенному элементу строки.

Y-импульс позволяет подвести заряды с промежуточных ячеек накопления ко всем сегнетоэлектрическим конденсаторам данной строки (или отдельным конденсаторам, связанным с сегнетоэлектрическими конденсаторами) одновременно. Есть основания полагать, что возможно создание экранов с большой поверхностью, высокой разрешающей способностью и толщиной 1—2 *см*.

Распределение управляющих сигналов можно осуществлять с помощью электронного пучка. Электронный пучок здесь может быть освобожден от функции носителя световой энергии, он работает только как переключающее средство. Следовательно, ускоряющее напряжение электронного пучка можно значительно уменьшить по сравнению с обычными электронно-лучевыми трубками. Однако при этом теряется одно из самых больших достоинств прибора — его малая глубина.

Телевизоры на полупроводниковых приборах

С развитием техники полупроводниковых приборов расширяются и области их применения. В различных странах непрерывно ведется работа по изысканию возможностей применения полупроводниковых приборов в телевизионной технике, в частности, в технике телевизионного приема. В настоящее время появились возможности не только частичной замены вакуумных ламп полупроводниковыми приборами, но и создания телевизоров, электрические схемы которых собраны целиком на полупроводниковых приборах.

Применение полупроводниковых приборов в приемной телевизионной технике перспективно потому, что полупроводниковые приборы обладают рядом значительных преимуществ по сравнению с вакуумными приборами. Значительно меньшие напряжения источников питания и малые токи полупроводниковых приборов, отсутствие цепи накала и соответственно источников подогрева снижают потребляемую мощность в десятки и сотни раз. В связи с этим появляется возможность создания телевизоров на полупроводниковых приборах с питанием от аккумуляторов, что почти полностью исключено при изготовлении их на электронно-вакуумных приборах. Применение полупроводниковых приборов позволит значительно уменьшить габариты и вес телевизоров. Увеличивается гарантийный срок службы телевизоров, ибо срок службы полупроводниковых приборов сравним со сроком службы таких деталей, как сопротивления, конденсаторы и т. п.

В настоящее время в различных странах созданы опытные образцы телевизоров на полупроводниковых приборах. К их числу относится советский телевизор «Спутник», удостоенный высшей награды «Гран-При» на Всемирной выставке 1958 г. в Брюсселе. Позже в СССР были разработаны телевизоры «Спутник-2» на трубке 25ЛК1Б и «Спут-

ник-3» на трубке 43ЛК6Б. Вес шасси этих телевизоров составляет 2 и 2,5 *кг*, потребляемая мощность 10,5 и 12,3 *вт* соответственно. Из общей потребляемой мощности около 30% затрачивается на подогрев катода единственного вакуумного прибора — приемной трубки. В телевизорах обоих типов используется 30 транзисторов, 7 германиевых диодов и несколько селеновых столбиков.

На рис. 16 приведена принципиальная схема телевизора «Спутник-2». Усилитель высокой частоты, смеситель и гетеродин (T_1, T_2, T_3) выполнены на транзисторах типа П403, имеющих предельную частоту усиления 120 *Мгц*. Гетеродин собран по трехточечной емкостной схеме. Полоса пропускания усилителя высокой частоты — 10 *Мгц*. Регулировка контрастности осуществляется за счет изменения смещения эмиттера усилителя высокой частоты. Включение триодов в усилителе высокой частоты, смесителе и усилителе промежуточной частоты произведено по схеме с заземленной базой.

Усилитель колебаний промежуточной частоты собран на четырех транзисторах типа П403 (T_4, T_5, T_6, T_7): Для получения высокой избирательности в выходном каскаде используется Т-образный фильтр. В предыдущих каскадах используются одиночные взаимно расстроенные контуры. Полоса усилителя промежуточной частоты составляет 6 *Мгц*.

В качестве вентиля видеодетектора используется полупроводниковый диод типа Д2Е ($Д_1$).

Усилитель разностной частоты собран на транзисторах типа П403 (T_9, T_{10}).

Дробный детектор собран на диодах типа Д2Е ($Д_2$, $Д_3$).

Усилитель колебаний звуковой частоты собран на транзисторах типа П13 и П203 (T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}).

Первый каскад видеоусилителя собран на транзисторе типа П403 (T_{15}), а выходной каскад видеоусилителя собран на кремниевом транзисторе типа П503 (T_{16}). Оба каскада собраны по схеме с заземленным эмиттером. Коррекция частотной характеристики видеоусилителя достигается применением частотно-зависимой отрицательной обратной связи по току. Для создания такой коррекции в цепях эмиттеров триодов введены сопротивления, шунтированные емкостями. При этом коэффициент отрицательной обратной связи падает с увеличением частоты, что приводит к увеличению усиления на высоких частотах. Таким образом,

компенсируется шунтирующее действие входной и выходной емкостей, которое вызывает уменьшение усиления на этих частотах. Видеоусилитель обеспечивает равномерную частотную характеристику в пределах до 5,5 *Мгц*.

Для уменьшения влияния малого входного сопротивле-

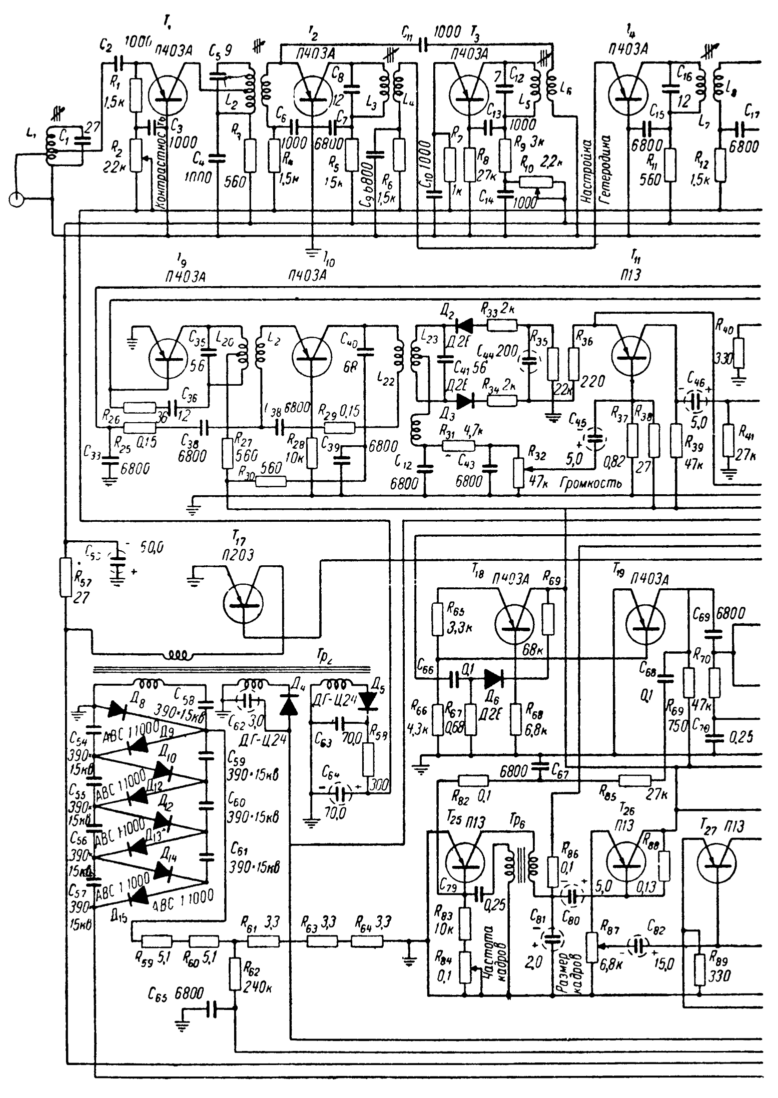
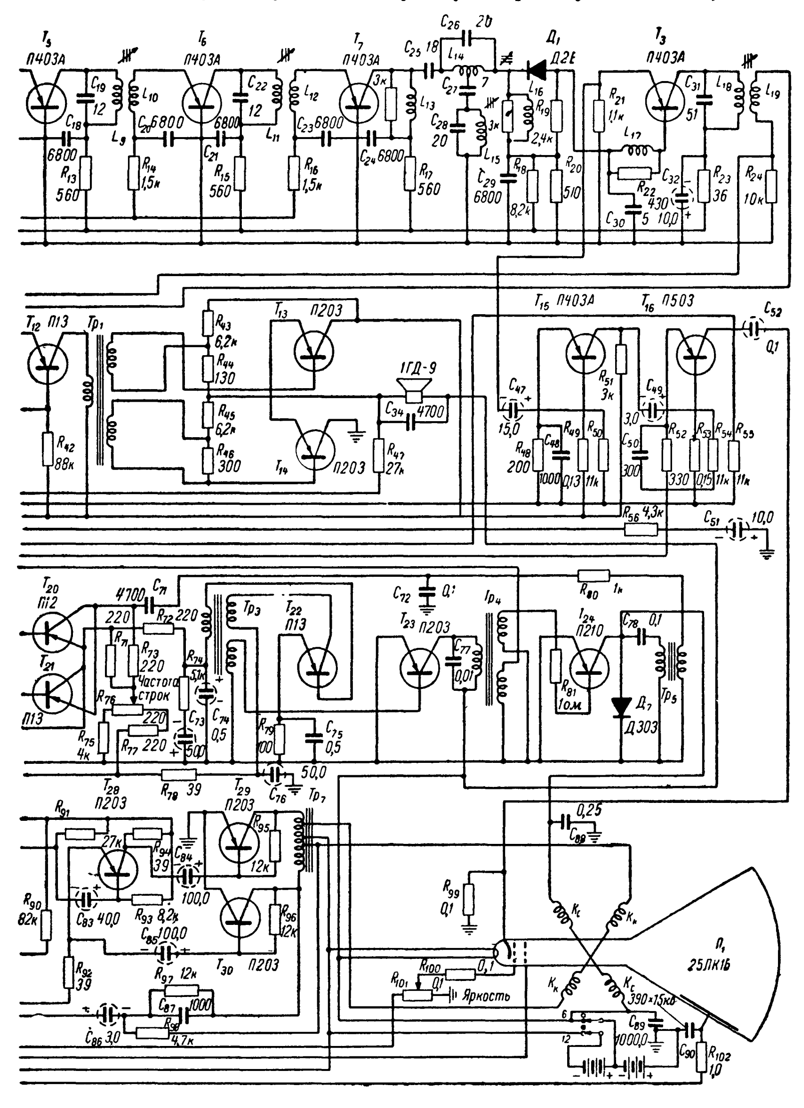


Рис. 16. Принципиальная схе

ния видеоусилителя на детектор в схему введен каскад эмиттерного повторителя (T_8). Для выделения сигналов звукового сопровождения в коллекторную цепь этого каскада включен колебательный контур (L_{18}, C_{31}), настроенный на промежуточную частоту звука, равную 6,5 *Мгц*.



ма телевизора „Спутник-2"

В приемнике используется диодный селектор синхронизирующих импульсов, собранный на диоде типа Д2Е ($Д_6$).

На транзисторах П403 (T_{18}, T_{19}) собран двухкаскадный усилитель строчных и кадровых синхронизирующих импульсов. Первый каскад усилителя, выполненный по схеме с общим коллектором, обеспечивает согласование выходной цепи диодного селектора со входом усилителя. Выходной каскад усилителя синхронизирующих импульсов работает в режиме двойного ограничения. Ограничение сверху обеспечивает постоянство величин синхронизирующих импульсов на выходе усилителя при изменении сигнала на входе селектора от 4 до 45 *в*. Ограничение снизу обеспечивает срезание сигналов изображения, частично проникающих с диодного селектора из-за проходной емкости диода.

В выходном каскаде строчной развертки используется простая ключевая схема. Режим циркуляции энергии между *LC* и источником питания осуществляется путем соответствующего переключения выходного транзистора T_{24} типа П210 в схеме с общим эмиттером. Во время прямого хода на базу транзистора подается отрицательный импульс, который обусловливает проводимость триода. Во время обратного хода на базу подается положительный импульс достаточной величины, который быстро запирает транзистор.

Отклоняющие катушки подключаются непосредственно к выходному транзистору без выходного трансформатора, что увеличивает к. п. д. каскада. В качестве демпфера используется диод типа Д303 ($Д_7$).

Основные потери в каскаде получаются за счет медленного переключения выходного транзистора из состояния «включено» в состояние «выключено». Ускорение переключения достигается здесь при помощи мощных форсирующих импульсов, что вызывает необходимость наличия предвыходного каскада на транзисторе типа П203 (T_{23}).

Большое количество транзисторов (T_{25}—T_{30}) в схеме генератора кадровой развертки объясняется тем, что наличие источников питания напряжением 12 *в* не позволяет полностью использовать возможности низкочастотных транзисторов. Задача получения развертывающих колебаний сводится к усилению по мощности импульсов задающего генератора кадровой развертки при одновременной линеаризации этих импульсов. Линеаризация осуществляется за счет введения в схему частотно-зависимой обратной связи.

Разработанные в настоящее время телевизоры на полупроводниковых приборах питаются от аккумуляторных батарей или от выпрямителей напряжением порядка 12 *в*. Для обеспечения питания приемной трубки высоковольтным напряжением (анод+13 *кв*, ускоряющий электрод +400 *в*, фокусирующий электрод ±100 *в*, напряжение запирания электронного пучка—60 *в* и питание выходного каскада усилителя напряжением 50 *в*) обусловили включение в схему телевизора преобразователя напряжения (T_{17}). В данном случае используется ключевая схема преобразователя. Для получения высокого напряжения в преобразователе используется схема умножения напряжения.

Применение печатных схем в телевизионных приемниках

В общей трудоемкости изготовления радиоаппаратуры большой удельный вес занимают сборочные, монтажные и регулировочные работы, составляющие в среднем 40—45% общей трудоемкости изготовления изделия. Это объясняет внимание, уделяемое вопросам совершенствования технологии упомянутых видов работ. В настоящее время существуют следующие основные направления модернизации производства радиоэлектронной аппаратуры.

Первое направление — разработка сборочных машин для выполнения операций сборки и монтажа деталей и предварительно смонтированных узлов с применением обычных монтажных проводников. Этот способ очень сложен, так как для его реализации необходима разработка сборочных машин, в принципе воспроизводящих движения рук человека. Машины должны быть универсальными, чтобы манипулировать монтажными проводниками и деталями разнообразного конструктивного оформления.

Второе направление основано на применении модульного принципа конструирования аппаратуры, при котором для компоновки изделий используются стандартные по форме и размерам модули (пакеты из нескольких плат), обладающие различными электрическими характеристиками. Эксплуатация телевизионных приемников, в которых применялись пакеты, выявила ряд существенных недостатков этой конструкции: затруднительность ремонта, сложность замены деталей и т. п. Однако такие пакеты хорошо себя зарекомендовали в малогабаритной аппаратуре.

Третье направление в механизации, получившее наибольшее распространение в настоящее время, состоит в использовании техники печатных схем, заменяющей в значи-

тельной степени проводниковый монтаж. В этом случае изготовление схемы как единого целого производится по принципу, аналогичному печатанию книжных страниц.

Возможности крупносерийного производства печатных схем появились в результате унификации узлов принципиальных схем телевизионных приемников.

Существует много способов изготовления монтажных схем методом печати. В настоящее время наиболее распространенным является метод травления медной фольги, нанесенной на изолятор. Технологические процессы изготовления печатных схем по этому способу сводятся к следующему.

На листовой изоляционный материал наклеивается фольга. В качестве изоляционного материала применяются различные пластмассы, фибра, хлопчатобумажная ткань, нейлон, слоистый стеклосиликон, керамика, стекло и др. В некоторых случаях, когда схеме необходимо придать гибкость и получить возможно более тонкий изоляционный слой, пластические изоляционные пленки наносятся непосредственно на фольгу.

Следующая операция состоит в нанесении на фольгу схемы монтажных проводов кислотоупорным составом, защищающим покрытие им места от кислоты при травлении. Обычно кислотоупорная краска наносится способом печатания на машине.

Затем плата погружается в ванну с раствором для травления. Под действием раствора фольга удаляется с незащищенных кислотоупорным составом участков. После травления плата со схемой тщательно промывается и просушивается, затем при помощи органического растворителя с поверхности схемы удаляется кислотоупорная краска.

При изготовлении сложных схем часто используются изоляционные платы с двусторонним слоем фольги или даже многослойные. В этом случае элементы схемы разбиваются на два рисунка и печатаются с двух сторон, после чего методом штамповки в нужных местах пробиваются отверстия. Соединение отдельных участков схемы, напечатанных на разных сторонах изоляционного листа, производится различными способами (при помощи лепестков, пайки, точечной сварки и т. п.).

При этом появляется возможность осуществления не только монтажа, но и изготовления деталей печатным способом. Так, например, разработана технология массового производства печатным способом сопротивлений, конден-

саторов емкостью до 50 000 *пф* и катушек с небольшой индуктивностью, т. е. деталей, составляющих 60—70% общего количества деталей, применяемых в некоторых электронных устройствах. Для регулировки индуктивности катушек применяются диски из прессованного железа, перемещение которых меняет зазор между диском и плоской катушкой, или узкие перемычки из фольги, замыкающие накоротко отдельные участки витков катушек.

Печатным способом изготовляют и обмотки маломощных трансформаторов. При этом рисунок обмотки печатается на тонкой изоляционной основе, после чего последняя складывается в нужное количество рядов, образуя многослойную обмотку.

Печатание находит применение для изготовления катушек отклоняющих систем, что обеспечивает высокое качество последних. Наибольшее применение печатные отклоняющие катушки нашли в специальной аппаратуре.

В настоящее время техника печатания схем, несмотря на определенные преимущества и экономическую целесообразность, все же не охватывает всего цикла сборки телевизора. Поэтому большое значение имеет проблема соединения с печатной схемой тех деталей, изготовление которых печатным методом пока невозможно или сложно. Наиболее рациональным в настоящее время является способ погружения печатной схемы (после того как на ней установлены все детали, подлежащие электрическому соединению) в припой. Места, подлежащие пайке, предварительно обрабатывают флюсом. Находят применение сварка и индивидуальная пайка.

После монтажа и настройки печатные схемы обычно покрывают защитной пленкой, обладающей теплостойкостью, высокими изоляционными свойствами, химической инертностью и способностью не пропускать влагу.

При использовании печатных схем в телевизорах вся принципиальная схема разбивается на ряд функциональных блоков, которые окончательно монтируются на общем металлическом каркасе.

Использование функционально-блочного метода особенно эффективно при унификации схемных блоков. Сложившиеся в телевизионной технике градации параметров требуют создания минимум двух блоков, выполняющих одну и ту же функцию, не отличающихся качественными показателями. Набирая эти блоки в нужных комбинациях, можно будет выпускать десятки моделей телевизоров, отличаю-

щихся друг от друга параметрами, размерами экрана, внешним оформлением.

Схема телевизора по функциональному признаку может быть разбита на следующие блоки: усилитель высокой частоты с преобразователем и переключателем каналов; усилитель промежуточной частоты сигналов изображения и видеоусилитель; усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения и усилитель низкой частоты; блок строчной и кадровой разверток и каскад синхронизации; блок питания.

При усложнении модели телевизора число функциональных схемных блоков возрастает. Функциональные блоки должны обязательно иметь стандартные параметры, допускать автономную настройку и легко сопрягаться со смежными элементами.

Применение функциональных блоков создает благоприятные условия для всестороннего удовлетворения запросов телезрителей, не нарушая в то же время принципа унификации. Так, для городов можно выпускать телевизоры, у которых невелика чувствительность, но имеется высококачественное воспроизведение низких частот и большой экран, для сельских местностей — высокочувствительные модели с различными схемами повышения помехоустойчивости.

Применение унифицированных функциональных блоков создает возможности ускорения разработки и освоения производства новых моделей телевизоров. Модернизация блоков может осуществляться непрерывно — она не затрагивает ни производства, ни обслуживания уже выпущенных телевизоров, так как блоки взаимозаменяемы. Кроме того, упрощается и ускоряется ремонт аппаратуры.

Значительно уменьшится число радиомехаников, занятых обслуживанием телевизоров. Вся их работа сведется к замене вышедших из строя блоков; это можно будет делать на дому у владельцев телевизоров. Неисправные блоки пойдут на специализированные заводы, где их восстановят.

В последние годы в ряде стран получили широкое распространение портативные (переносные) телевизоры.

Для портативных телевизоров характерно применение универсальных ламп, типовых шасси, схем и узлов, позволяющих уменьшить их вес и размеры, повысить экономичность. В результате телевизоры таких типов весят от 6 до 15 *кг* и имеют небольшие габаритные размеры (от 20×

×25×35 до 32×35×38 *см*), а потребляемая ими мощность лежит в пределах 60—100 *вт*.

В портативных телевизорах обычно устанавливаются прямоугольные трубки с диагональю от 23 до 35 *см*.

Футляр в большинстве случаев изготавливают из металла штамповкой. На задней стенке или в конце верхней части кожуха устанавливается выдвижная телескопическая поворотная антенна.

Появились переносные телевизоры на полупроводниковых приборах. Один из таких телевизоров имеет прямоугольную трубку с размером диагонали 36 *см*. Питается телевизор от двух никель-кадмиевых аккумуляторов, вмонтированных в корпус телевизора. Потребляемая мощность составляет 12 *вт*. Емкость аккумуляторов позволяет непрерывно смотреть шестичасовую программу. Зарядку аккумуляторов можно производить как от 12-вольтового источника постоянного тока, так и от сети переменного тока напряжением 117 *в*. Аккумулятор допускает 2 000 перезарядок.

Телевизионные системы с большим экраном

Для демонстрации в больших аудиториях желательно иметь в распоряжении такие телевизионные системы, которые обеспечивают изображение площадью порядка единиц или десятков квадратных метров.

В 30-х и 40-х годах были предложены и испытаны различные методы получения телевизионного изображения на большом экране; некоторые из них используются в аппаратуре, применяющейся и в настоящее время.

В первые годы развития телевидения возник большой интерес к проекционным телевизионным системам. Затем вследствие того, что качество телевизионного изображения на большом телевизионном экране оказалось ниже качества киноизображения, интерес к проекционному телевидению несколько ослаб. Телевизионные театры остались в основном только для показа хроникально-спортивных передач, а телевизионные установки с большим экраном стали использоваться в медицине, промышленности, системе образования и т. п.

Однако значение больших телевизионных экранов в последнее время снова возрастает в связи с успехами в области магнитной записи изображений. Еще большее значение телевизионные экраны будут приобретать по мере внедрения в практику кинопроизводства электронного метода за-

писи сигналов изображений (гл. 5). В дальнейшем телевизионные системы могут стать основным средством демонстрации кинотелевизионных фильмов в клубах, кино-телевизионных театрах и т. п.

Простейшим способом создания телевизионного изображения больших размеров является проекция изображения с экрана электронно-лучевой трубки на большой экран с помощью обычного линзового объектива. Если бы яркость изображений приемных трубок можно было бы произвольно увеличивать, то при осуществлении проекции не возникало бы особых трудностей. Однако яркость на экранах трубок ограничена некоторой предельной величиной и потому увеличение размеров экрана ведет к соответствующему уменьшению его освещенности. Для целей проекции разработаны специальные трубки, работающие при повышенных анодных напряжениях (40—80 *кв*) и значительных токах пучка (до 6 *ма*). Яркость экранов таких трубок значительно выше, чем у трубок непосредственного наблюдения. Однако она недостаточна для того, чтобы с помощью обычного линзового проекционного объектива создать достаточно яркие изображения на экранах с площадью порядка нескольких квадратных метров, ибо линзовые объективы позволяют использовать лишь малую часть светового пока, излучаемого экраном трубки.

В настоящее время в проекционных телевизионных установках преимущественно применяют специальные светосильные отражательные оптические системы. В качестве таких систем используются вогнутые сферические зеркала. Вогнутое сферическое зеркало создает увеличенное изображение предмета, если последний находится перед зеркалом между фокусом и центром кривизны отражающей поверхности. Для устранения искажений изображений из-за сферических аберраций здесь используются корректирующие линзы из стекла или пластмассы, устанавливаемые в центре кривизны зеркала. Коэффициент использования светового потока у зеркально-линзовых систем в 5—10 раз выше, чем у обычных линзовых объективов, и составляет 20—30%.

В проекционных установках отражательная оптика с успехом применялась для получения достаточно ярких изображений на экранах с площадью порядка десяти и более квадратных метров (до 30 $м^2$), достаточных для оборудования театральных зал. В частности, подобный телевизионный театр имеется в Москве (в помещении кинотеатра

«Эрмитаж»). Там с успехом проводились публичные демонстрации телевизионных передач на экране с площадью 3×4 *м*^{2}. В проекторе использовалась проекционная трубка типа 23ЛК4Б, требующая напряжения на аноде 60 *кв*.

В некоторых конструкциях проекционных объективов для сокращения размеров объектива и уменьшения световых потерь оптическая ось поворачивается с помощью пло-

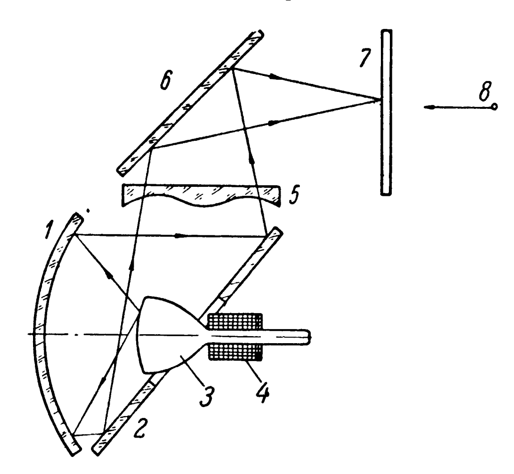


Рис. 17. Проекционная оптическая система с поворотом оси.

1 — сферическое зеркало; 2 — плоское зеркало; 3 — проекционная трубка; 4—фокусирующе-отклоняющая система; 5 — корректирующая линза; 6—плоское зеркало; 7—экран; 8—наблюдатель.

ского зеркала на 90°. Конструкция подобного объектива, использовавшегося в приемнике консольного типа с экраном площадью порядка 1 *м*^{2}, приведена на рис. 17.

Светотехнические усовершенствования в проекционных установках относятся не только к объективам, но и к экранам: последние изготавливаются направленными, т. е. концентрирующими рассеиваемый свет в узком телесном угле. Если рассматривать такой экран сбоку, изображение кажется неярким, а при рассматривании под углами, близкими к прямым,— ярким.

Отражающие экраны с направленным светорассеянием представляют собой отражающую поверхность, состоящую из множества небольших криволинейных элементов, расположенных близко друг к другу и концентрирующих световые лучи. Величина каждого криволинейного элемента

обычно значительно меньше элемента телевизионного изображения.

В качестве простейшего направленного экрана используется матированная поверхность алюминия. Недостатками таких экранов являются значительная неравномерность яркости в пределах угла рассеяния и недостаточно полное использование возможностей направленного светорассеяния.

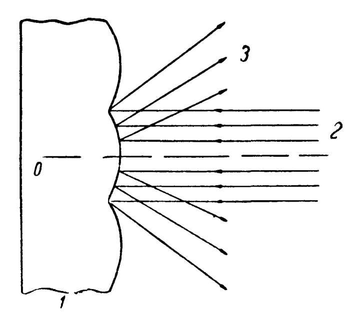


Рис. 18. Принцип действия зеркально-растрового направленного экрана.

1 — экран; *2* — падающие лучи; *3* — отраженные лучи света.

Наилучшие результаты с точки зрения характеристик светорассеяния получаются при использовании экранов, состоящих из множества небольших отражающих элементов, одинаковых по форме и размерам.

В большинстве случаев форма отражающих элементов такова, что в сечении они имеют вид дуг окружностей (рис. 18). Угол, в пределах которого рассеивается световой поток, находится в определенной зависимости от размеров и кривизны отражающих элементов. Соответствующим подбором их размеров и кривизны можно создать экран, яркость которого постоянна в пределах заданного телесного угла и резко уменьшается почти до нуля за его пределами.

Для того чтобы ячейковая структура не понижала четкости изображения, размеры растровых элементов экрана выбирают в 2—4 раза меньше размеров телевизионного элемента. При стандарте разложения в 625 строк число растровых элементов должно составлять 2,5—10 млн., что указывает на трудность изготовления экранов. Практически такие экраны собираются из большого числа одинаковых пластинок, содержащих в себе каждая около тысячи растровых элементов. Эти пластинки изготавливаются из пластмассы штамповкой. В процессе штамповки на поверхность пластинок наклеивается фольга, которая и является отражающей поверхностью. С целью устранения ослабления яркости в местах стыков отдельных пластинок такие направленные экраны выполняют из пластикатовых секций, которые при сборке сваривают между собой.

Находят также применение телевизионные проекционные системы с модуляцией светового потока независимого источника света.

Основная принципиальная схема проекционной системы подобного типа приведена на рис. 19. Здесь на световом модуляторе с помощью видеосигналов создается несветящееся телевизионное изображение, например, состоящее из точек различной прозрачности. Независимый интенсивный источник света с помощью осветительной оптики равномерно освещает поверхность модулятора. Освещенное таким образом телевизионное изображение проецируется с поверхности светового модулятора проекционным объективом на светорассеивающий экран. В приведенной на рис. 19 схеме световой модулятор работает на просвет, т. е. проекционная система является диаскопической.

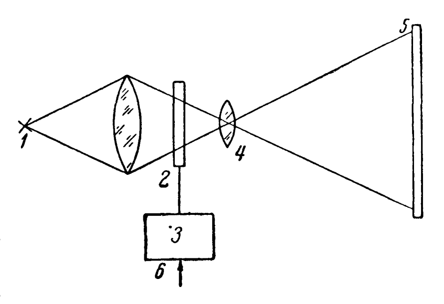


Рис. 19. Диаскопическая телевизионная проекционная система с модуляцией независимого источника света.
1 — источник света; 2 — световой модулятор; 3 — видеоусилитель; 4 — проекционный объектив; 5 — светорассеивающий экран; 6 — видеосигнал.

Первый проект диаскопической системы был предложен еще в 1925 г. А. А. Чернышевым. В этом проекте предлагалось экран электронно-лучевой трубки составить из множества ячеек, прозрачность которых зависит от напряженности электрического поля, а последняя управляется электронным пучком. Создание такой трубки встретило большие трудности. Позднее предлагались и делались попытки осуществить диаскопические системы многими другими способами. Так, например, для управления прозрачностью предлагалось использовать свойства ионных кристаллов (поваренная соль, хлористый калий, бромистый калий и др.) менять свою прозрачность при изменении мощности облучающего их электронного пучка. Для управления прозрачностью предлагалось использовать поляризацию и ориентацию вдоль силовых линий электрического поля кристалликов хинина, взвешенных в масле.

Диаскопические системы находят применение в прикладном телевидении.

В настоящее время разработаны модуляторы, основанные на других физических явлениях. Система, известная под названием «Эйдофор», основана на деформации тонкой пленки вязкой жидкости под воздействием электронной бомбардировки.

На рис. 20 приведена оптическая схема первой модели аппаратуры. Источник яркого света (кратер дуговой лампы) *1* с помощью конденсатора *2* создает равномерное освещение в плоскости *00*, в которой расположен тонкий

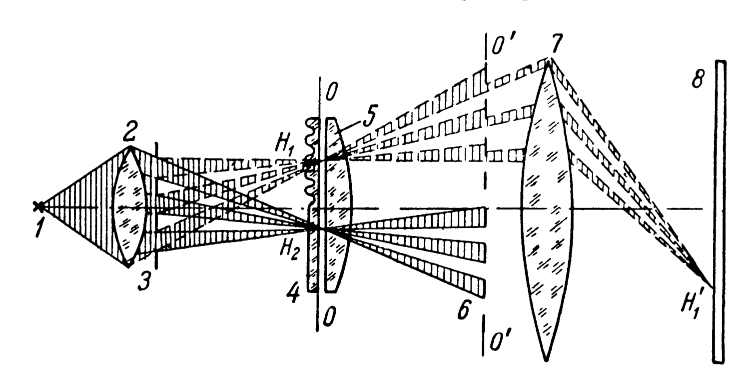


Рис. 20. Оптическая схема к пояснению принципа действия дифракционного модулятора света типа „Эйдофор".

слой модулирующей жидкости *4*. Вблизи линзы *2* установлена решетка *3* из чередующихся параллельных прозрачных и непрозрачных полос. С помощью объектива *5*, установленного вблизи плоскости *00*, изображение решетки *3* фокусируется в плоскости *0'0'*, где установлена вторая решетка из чередующихся полос. Вторая решетка ориентирована в пространстве так, что изображения светящихся промежутков решетки *3* попадают на непрозрачные полосы решетки *6*, если поверхность модулирующей жидкости *4* плоская. Таким образом, свет от точки H_2, находящейся в плоскости *00*, дальше решетки *6* не проходит.

Поверхность вязкой жидкости *4* (пленка специального масла) деформируется при облучении электронным пучком. Проходящие сквозь пленку световые лучи вследствие дифракции частично пройдут сквозь щелевую систему *6*, образуя на светорассеивающем экране *8* изображение. Таким образом, точки, на которые не попадают электроны (например, точка H_2), не изображаются на экране, ибо свет

не проходит через решетку *6*. Если же электронный пучок бомбардирует некоторую точку H_1, то свет преломляется в этой точке пленкой и на экране появляется светящаяся точка H_1'. Чем интенсивнее электронный пучок, бомбардирующий данную точку, тем ярче светится изображение этой точки, ибо тем бо́льшая часть светового потока пройдет на экран.

Механические и электрические данные масла подбираются здесь так, чтобы деформации, возникающие на поверхности масляной пленки, затухали за время, примерно равное времени передачи кадра. Таким образом, поверхность масляной пленки является не только модулятором света, но и накопительным элементом проекционной системы.

Образование и сохранение деформации масляной пленки объясняется следующим образом. Так как масляная пленка представляет собой диэлектрик с высокими изоляционными свойствами, то в результате бомбардировки электронным пучком на поверхности масляной пленки образуются электрические заряды, а между поверхностью масляной пленки и проводящим основанием, на которое эта пленка нанесена, образуются элементарные электрические поля с напряженностями, пропорциональными электрическим зарядам на пленке. Жидкий диэлектрик обладает свойством втягиваться в электрическое поле тем сильнее, чем выше напряженность поля. В результате этого на поверхности масляной пленки образуется множество бугорков, которые, как элементарные линзочки, преломляют свет.

Вязкость масла препятствует мгновенному образованию бугорков, но благодаря тому, что элементарные заряды на поверхности масла сохраняются сравнительно долго, бугорки постепенно нарастают, достигая максимума, примерно за четверть периода развертки одного кадра. Затем по мере стекания заряда высота бугорков постепенно уменьшается, достигая одной десятой максимальной величины к концу периода кадровой развертки. Скорость стекания зарядов регулируется добавлением специальных примесей к маслу.

Максимальная высота бугорков составляет всего 0,001 *мм*, а протяженность бугорка — около 0,1 *мм*. В одной строке растра может разместиться до 1 000 бугорков и впадин, что позволяет достичь высокой разрешающей способности. Чтобы преломление луча происходило независимо

от размеров передаваемых деталей, применяется предварительная модуляция сигналов изображения колебаниями более высокой частоты. Ток луча при этом остается все время постоянным, а развертка луча производится магнитной отклоняющей системой.

Модулирующие сигналы изображения, предварительно преобразованные в частотно-модулированные сигналы со спектром частот от 8 до 32 *Мгц*, подаются на вспомогательную пару пластин электростатического отклонения. С помощью этой пары пластин осуществляется скоростная модуляция электронного пучка в направлении строчной развертки. Колебания скорости пучка должны производиться в пределах одного элемента изображения, поэтому величина модулирующего напряжения требуется небольшая — около 1 *в*. При скоростной модуляции пучка предъявляются жесткие требования к размерам поперечного сечения пучка, наносящего заряды на поверхность масляной пленки: каждый элемент телевизионного изображения должен создаваться минимум двумя периодами деформации масляной пленки, а ширина пучка не должна превышать половины протяженности бугорка. Сечение пучка в проекторе на поверхности пленки имеет форму прямоугольника размерами 0,1×0,015 *мм* (0,015 *мм* — вдоль строки). Масляное изображение имеет размеры 72×54 *мм*.

На рис. 21 показано устройство современной модели проектора «Эйдофор». Вместо двух щелевых растров здесь применяется один зеркально-щелевой растр, свет на который попадает от дугового фонаря, пройдя через конденсор. Половина светового потока, падающего на щели растра, не имеющие зеркального покрытия, проходит через растр и поглощается черной пластиной. Вторая половина светового потока отражается зеркальным растром на вогнутое сферическое зеркало и от него — на зеркальный растр. При этом свет дважды проходит через масляную пленку, покрывающую поверхность сферического зеркала. Если свет не подвергается рассеянию в масляной пленке, то, отразившись от сферического зеркала, он попадает на те же участки зеркального щелевого растра и возвращается обратно к источнику света. Если в тех или иных участках телевизионного растра свет претерпевает преломление, то бо́льшая или меньшая часть световых лучей проходит в прозрачные щели зеркального растра, улавливается проекционным объективом и после преломления во вспомогательном зеркале падает на экран.

Сферическое зеркало с налитой на его поверхность модулирующей жидкостью, щелевая оптика и электронный прожектор помещены внутрь кожуха, из которого откачан воздух. В результате воздействия света и бомбардировки электронами под потенциалом 20 *кв* масляная пленка постепенно испаряется. Для ее обновления сферическое зеркало медленно вращается электродвигателем со скоростью

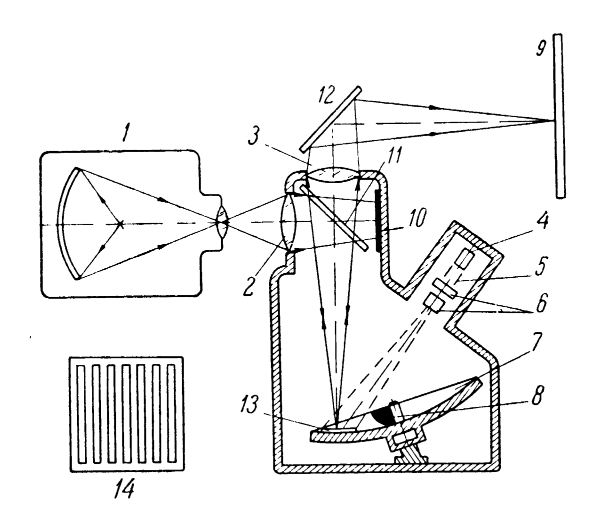


Рис. 21. Схема телевизионной системы типа „Эйдофор".

1 — осветительное устройство; *2* и *3* — объективы; *4* — катоды; *5* — модулирующие пластины; *6* — фокусирующе-отклоняющая система; *7* — сферическое зеркало; *8* — нож; *9* — экран; *10* — черная пластина; *11* — зеркально-щелевой растр; *12* — плоское зеркало; *13* — облучаемый электронами участок сферического зеркала; *14* — вид зеркально-щелевого растра.

около одного оборота в минуту. Скребок разравнивает масляную пленку и снимает с ее поверхности остаточные заряды. Так как конструкция делается разборной, то необходима непрерывная откачка воздуха в процессе эксплуатации проектора. Последнее осуществляется диффузно-масляными насосами.

В целом система получается сложной по конструкции и громоздкой. Однако параметры этой системы высокие. Световой поток обеспечивает очень хорошую яркость изображения на экране площадью до 75 $м^2$. Четкость изображе-

ния составляет 600—700 строк и более, общая контрастность равна 100 : 1 и в некоторых установках достигает 400 : 1.

Такой проектор может быть использован не только в системах черно-белого, но и цветного телевидения.

Использование явлений электролюминесценции, видимо, позволит в будущем более рационально решить проблему телевизионных установок для больших аудиторий. Внедрение электролюминесцентных приборов в технику театрального телевидения может идти по следующим направлениям:

1. Разработка электролюминесцентных экранов, обладающих свойством усиления яркости изображения.

В этом случае проецирование телевизионного изображения будет производиться на экран, который обладает не только направленными свойствами, но и способностью усиливать яркость падающего изображения. При этом возможно создание отражающих экранов, воспроизводящих изображение с той же стороны, с которой производится проекция, и просветных экранов, на которых проекция осуществляется с обратной от зрителей стороны.

При создании отражающих усилительных экранов могут быть использованы фотоэлектролюминесцентные усилители яркости. В просветных усилительных экранах могут найти применение электролюминесцентные усилители яркости с фотопроводниковыми и сегнетоэлектрическими ячейками.

Использование таких экранов позволит применять более простую проекционную оптику, и проекционные трубки с меньшими ускоряющими напряжениями и меньшими токами пучка, а следовательно, и с большим сроком службы.

2. Решение проблемы распределения управляющих электрических сигналов изображения при одновременном получении удовлетворительных световых и временных характеристик электролюминесцентных приборов позволит полностью исключить из оборудования телевизионных театров проекционные устройства. В этом случае яркость свечения элементов экрана будет управляться непосредственно электрическими сигналами телевизионного приемника. При этом будет возможно также использование сигналов одного приемного устройства для управления воспроизведением изображений на нескольких экранах одновременно. Сами размеры экранов будут ограничиваться лишь возможностями размещения и экономическими соображениями.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ
ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

В нашей стране начинает внедряться цветное телевидение. Наличие большого количества черно-белых телевизоров, быстрый рост передающей телевизионной сети, «теснота в эфире» требуют, чтобы вводимая в эксплуатацию система цветного телевидения была совместимой. Под совместимостью понимают возможность приема цветных программ на существующие черно-белые приемники и черно-белых программ — на приемники цветного телевидения и возможность использования черно-белых вещательных и междугородных линий связи и радиопередатчиков для передачи цветных программ. Правильный выбор и детальная разработка внедряемой телевизионной цветной системы имеют большое народнохозяйственное значение, тем более, что цветной телевизор должен быть по возможности простым и дешевым.

Восприятие цвета зрением и законы смешения цветов

Человеческий глаз воспринимает в виде света очень небольшой участок из широкого спектра электромагнитных излучений, а именно — волны в диапазоне от 0,38 до 0,76 *мк*. Наиболее чувствителен глаз к желто-зеленым лучам ($\lambda=0{,}555$ *мк*). В обе стороны от последних — к красному и фиолетовому концам спектра — чувствительность уменьшается, а инфракрасные и ультрафиолетовые лучи невидимы.

Свет, попадающий в глаз, вызывает не только ощущение яркости, пропорциональной падающей энергии, но и ощущение цветового потока и чистоты цвета данного излучения, характеризующие его качественно. Цветовой тон характеризуют длиной волны спектрального цвета, а под чистотой цвета понимают степень разбавления спектрального цвета белым цветом.

Принципы построения систем цветного телевидения основаны на законах смешения цветов, базирующихся на теории трехкомпонентности цветового зрения человека.

Сущность трехкомпонентности цветового зрения заключается в следующем. Экспериментами было установлено, что ощущения того или иного цвета в глазу вызывают не только монохроматические световые потоки (колебания лишь с одной длиной волны), но и смеси колебаний с раз-

личными длинами волн. Было установлено, что наименьшее количество цветов, из которых могут быть получены реальные сложные цвета, равно трем.

В возможности получения различных цветов путем смешения световых пучков разного цвета можно убедиться следующим образом. Нужно взять белый экран и направить на него свет от трех проекционных фонарей, один из фонарей должен быть снабжен красным, другой — синим, а третий — зеленым светофильтрами. Если изменять силу света, даваемую каждым фонарем, то на экране можно получить огромное разнообразие цветовых тонов и большое число градаций насыщенности, являющихся результатом смешения трех основных цветов. Так, например, смешивая красный и зеленый световые потоки, можно получить желтый цвет; белый цвет может быть получен смешением красного, синего и зеленого. Такое смешение цветов называется слагательным или аддитивным. Изменение соотношения интенсивностей трех потоков вызывает изменение цветности смеси. Если же, не изменяя соотношения световых потоков, увеличить или уменьшить их интенсивности в одинаковое число раз, то цветность смеси (цветовой ток и насыщенность) останется неизменной, изменится лишь ее яркость.

Каждый из цветов, участвующих в смеси, может быть не монохроматическим излучением, а полученным в свою очередь в результате смешения двух (или нескольких) других излучений. Это обстоятельство не изменит результата смешения. Цвет смеси зависит только от смешиваемых цветов.

Эти данные позволили сделать предположение о том, что цветочувствительные органы глаза человека содержат три вида рецепторов (приемников) света, каждое из которых создает ощущение в результате возбуждения световыми колебаниями с определенной длиной волны. При раздельном раздражении каждого сорта приемников света возникают соответственно ощущения красного, зеленого и синего цветов.

При любом воздействии света возбуждаются все три типа приемников, но возбуждаются они неодинаково. Так, первый род приемников преимущественно чувствителен к длинноволновой части спектра (красно-оранжевой), второй род — к средневолновой части спектра (зеленой) и третий род к коротковолновой (сине-фиолетовой) части спектра.

Воспринимаемый глазом свет вызывает раздражение всех приемников света и совокупность трех различных возбуждений ощущается одним цветом. Глаз как бы анализирует воздействующий на него цвет, определяя в нем относительное содержание длинноволновых, средневолновых и коротковолновых лучей, а затем в сознании три возбуждения синтезируются в один цвет.

Цветовосприятие изменяется с изменением угла зрения. При уменьшении угла зрения чувствительность глаза к различению цветности падает быстрее, чем чувствительность к различению яркости, причем неодинаково для различных цветностей. Цвета кажутся изменившимися: так, зеленое кажется синим, желтое — белым и т. д. При определенном малом угле зрения, т. е. при рассматривании мелких деталей, все цвета не отличаются от серых. При размерах угла зрения, промежуточных между теми, которым соответствует трехцветное и одноцветное восприятия цветов, все цвета могут быть получены при смешении только двух цветов — зрение является двухцветным.

Проводились опыты, в результате которых были установлены полосы частот для телевизионных сигналов, управляющих яркостями «основных» цветов приемных трубок. Опыты проводились в реальных условиях наблюдения телевизионного изображения с четкостью, эквивалентной 525 строкам разложения. Экспериментально доказано, что правильная цветопередача всего изображения и его деталей требует наличия трех смешиваемых цветов только для деталей, размеры которых соответствуют при развертке частотам ниже 0,5 *Мгц*. Детали, размеры которых соответствуют при развертке частотам от 0,5 до 1,5 *Мгц*, хорошо воспроизводятся двумя цветами — результатом смешения зеленого и сине-голубого цветов, т. е. могут быть воспроизведены при отсутствии цветов, являющихся результатом смешения синевато-пурпурного и желтовато-зеленого. Мелкие детали с размерами, соответствующими при развертке частотам выше 1,5 *Мгц*, могут быть воспроизведены лишь яркостной характеристикой, т. е. черно-белыми. Цветность таких деталей глаз уже не воспринимает.

Указанные свойства цветного зрения используются в системах цветного телевидения и позволяют значительно сократить общую полосу требуемых частот спектра сигнала.

До сих пор речь шла об одновременном смешении цве-

тов, когда три источника света непрерывно освещают одну и ту же поверхность экрана. Такой же эффект смешения цветов получится, если поверхность экрана освещается последовательно, но с достаточно большой частотой повторения, теми же источниками света. Этот эффект обусловлен инерционностью зрительного восприятия.

Другим свойством зрения, используемым в цветном телевидении, является пространственное смешение цветов. В этом случае три мелких цветных элемента (точки или линии) расположены вперемежку рядом друг с другом на экране, соприкасаясь друг с другом. С некоторого расстояния глаз наблюдателя перестает раздельно различать отдельные цветовые элементы. Информация о цвете последних создает в сознании наблюдателя ощущение однородно окрашенных участков с точно таким же цветом, как при однородном или последовательном перекрывании световыми потоками одной большой поверхности. Результаты пространственного смешения не зависят от того, действуют ли цветовые раздражители одновременно или в быстрой последовательности.

Наконец, в цветном телевидении может использоваться эффект бинокулярного смешения цветов. Если глаза наблюдают изображение одного и того же объекта в различных цветах (последовательно или одновременно), то вследствие слияния возбуждений, поступающих в центральную нервную систему от правого и левого глаза, создается впечатление окраски объекта в определенный результирующий цвет.

Количество различных цветов, которое может быть образовано смешением трех цветов, зависит от выбора исходных составляющих. Основные (первичные) цвета выбирают так, чтобы все три из них были взаимонезависимыми, т. е. ни один из них не должен получаться при смешении двух других. Международный комитет по освещению (МКО) в 1931 г. принял за основные цвета монохроматические излучения с длинами волн 0,7 *мк* (красный), 0,546 *мк* (зеленый) и 0,436 *мк* (синий).

Принципы построения систем цветного телевидения

Получение цветного изображения в телевидении основано на методах аддитивного смешения цветов. За исходные цвета здесь берутся насыщенные спектральные цвета: красный, зеленый и синий. В соответствии с этим на передающей стороне телевизионной системы необходимо разде-

лить оптическое изображение передаваемого цветного объекта на три отдельных изображения в трех основных цветах. Воспроизводится изображение в приемном устройстве путем совмещения трех цветных изображений, полученных в основных цветах.

Упрощенная функциональная схема последовательной системы цветного телевидения представлена на рис. 22. Изображение передаваемого объекта при помощи объек-

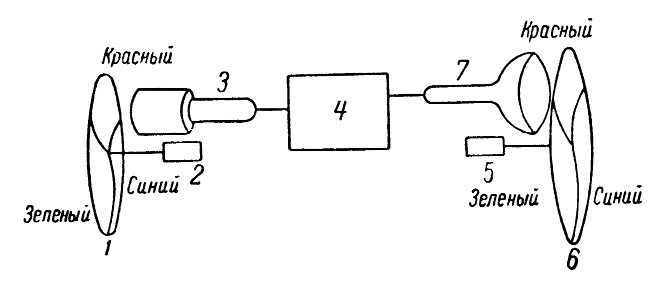


Рис. 22. Упрощенная функциональная схема системы с последовательной передачей полей.

1 и *6* — диски со светофильтрами; *2* и *5* — моторы; *3* — передающая трубка; *4* — канал связи; *7* — приемная трубка.

тива проецируется на фотокатод передающей телевизионной трубки последовательно в трех цветах — синем, зеленом, красном. Для разложения изображения цветного объекта на три изображения в основных цветах здесь используется вращающийся диск со светофильтрами, устанавливаемый между объектом и передающей трубкой. На приемном конце наблюдатель видит изображение на экране приемной трубки через такие же светофильтры. При этом оба диска должны вращаться с одинаковой скоростью (синхронно), и фильтры одного и того же цвета должны проходить перед обеими трубками одновременно (т. е. должна соблюдаться не только синхронность, но и синфазность вращения дисков). Экран приемной трубки имеет белый цвет свечения.

Общее время передачи всех трех частных изображений, образующих в совокупности полное цветное изображение, не должно превышать кадровый период черно-белого телевидения — при этом последовательно возникающие красное, зеленое и синее изображения будут восприниматься наблюдателем слитно. Таким образом, в этой системе скорость развертки, а значит, и полоса частот передаваемого сигнала должны быть увеличены в 3 раза.

На рис. 23 также в упрощенном виде показана функциональная схема одновременной системы цветного телевидения. Изображение передаваемого объекта проецируется на фотокатоды трех передающих телевизионных трубок в трех различных цветах. Для разделения цветов передаваемого объекта служат полупрозрачные зеркала, отражающие лучи одной части спектра и пропускающие лучи остальной части спектра. Первое зеркало отражает крас-

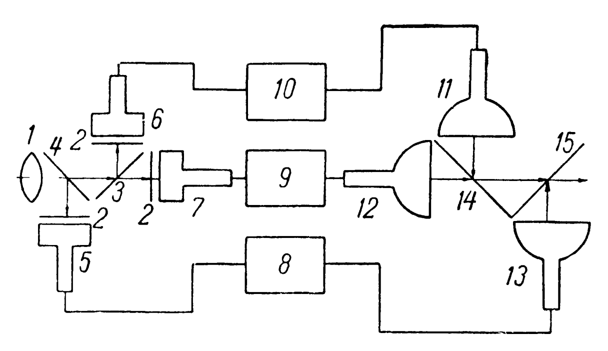


Рис. 23. Упрощенная функциональная схема одновременной системы цветного телевидения.

1 — объектив; *2* — корректирующий светофильтр; *3* и *4* — полупрозрачные зеркала; *5*, *6* и *7* — передающие трубки; *8*, *9* и *10* — каналы связи; *11*, *12* и *13* — приемные трубки; *14* и *15* — полупрозрачные зеркала.

ные лучи к соответствующей передающей трубке, а остальные лучи пропускает. Второе зеркало отражает синие лучи ко второй трубке и пропускает зеленые лучи к третьей трубке. Для коррекции спектральных характеристик цветоизбирательных зеркал перед трубками помещаются корректирующие светофильтры. В результате действия зеркал и светофильтров на фотокатоды трех трубок будут воздействовать одновременно красные, зеленые и синие составляющие светового потока. Полученные от трех трубок сигналы одновременно передаются к приемному устройству — каждый по самостоятельному каналу. В приемном устройстве три изображения необходимо оптически совместить. Сделать это можно различными способами. Можно использовать три трубки с различным цветом свечения экранов или одну трубку с белым свечением и соответствующими светофильтрами. Используются также трубки с экранами из различных люминофоров, светящихся тремя основными цветами.

В одновременной системе все три цветоделенных изображения воспроизводятся одновременно, поэтому нет необходимости увеличивать скорость развертки по сравнению с системой черно-белого телевидения. Здесь в простейшем случае необходима тройная полоса частот потому, что используются одновременно три канала связи. Однако при использовании некоторых особенностей цветового зрения удается существенно уменьшить требуемую полосу частот.

Передающие и приемные трубки систем цветного телевидения

Вследствие потерь света в оптической системе и элементах цветокоррекции световая чувствительность трубки, предназначенной для использования в студийной камере системы цветного телевидения, должна быть очень высокой. С точки зрения качественного воспроизведения изображения определенные требования предъявляются к форме световой и спектральной характеристик. Трубка, предназначенная для использования в одновременной системе телевидения, должна давать точную информацию относительно уровня черного. Очень важно, чтобы видеосигналы, создаваемые передающими трубками, имели большое превышение напряжения изображения над шумами.

Наибольшей чувствительностью из всех типовых передающих трубок обладает суперортикон, который и по другим параметрам удовлетворяет предъявляемым требованиям. Это обусловливает широкое использование суперортиконов в передающих камерах систем цветного телевидения.

Находят применение также трубки с фотосопротивлениями (видиконы). Достоинствами их являются: постоянство уровня черного, удовлетворительная спектральная и световая характеристики, низкий уровень шумов, небольшие геометрические размеры, простота эксплуатации. В настоящее время трубки на фотосопротивлениях применяются в основном для передачи кинофильмов или диапозитивов, а для передачи с натуры используются только тогда, когда имеются очень высокие уровни освещенности и ограниченные скорости движения объекта (существенный недостаток трубок на фотосопротивлениях — их инерционность — заметен тем меньше, чем выше уровень освещенности).

При использовании трех передающих трубок в цветных телевизионных камерах одновременных систем трудно

добиться во всех трубках строгой идентичности контуров цветоделенных изображений из-за погрешностей в оптическом оборудовании, неидентичности параметров трубок и неидентичности работы их фокусирующих и отклоняющих систем. Все это приводит к появлению цветной окантовки, к потере четкости и появлению многократного изображения мелких деталей.

Для улучшения работы передающих трубок в одновременных цветных системах принимаются меры как по линии тщательного конструирования самих трубок, так и использования схемных корректирующих устройств.

Но лучше было бы иметь передающую камеру с одной трубкой, способной создавать раздельно сигналы, соответствующие цветовой информации в трех участках спектра. Это позволило бы обойтись без сложного оптического оборудования, без сложных схем отклонения электронного луча и регулировки совмещения.

Недавно создан образец передающей трубки с фотосопротивлением, позволяющий получить на выходе одновременно три сигнала. Важнейшей составной частью трубки является трехрастровая штриховая мишень, нанесенная на переднюю поверхность трубки. Мишень состоит из большого числа (в опытном образце — около 900) узких вертикальных полосок, изготовленных из светочувствительного полупроводника, изолированных друг от друга. Со стороны, обращенной к объекту, каждая из полупроводниковых полосок покрыта светофильтром. Последние чередуются в последовательности: красный — зеленый — синий — красный и т. д.

От полосок сделаны проводящие выводы, а элементы каждой из цветных групп соединены вместе, т. е. в группе содержится по 300 элементов. На цоколь трубки выведены контакты от всех трех групп.

Для воспроизведения цветного изображения на приемной стороне предложен целый ряд вариантов построения выходного устройства. В последовательной системе возможно применение вращающихся дисков со светофильтрами, устанавливаемыми перед обычными приемными трубками с белым свечением экрана. Однако при этом приемное устройство становится очень громоздким, а светофильтры поглощают значительную часть идущего от приемной трубки светового потока.

Применение трех трубок в приемниках одновременной системы телевидения (с оптическим совмещением трех

изображений на одном экране) делает приемник громоздким и сложным по устройству, ибо необходимы совершенные оптические системы для точного совмещения трех цветоделенных изображений. В то же время наличие оптических систем приводит к снижению четкости и контрастности изображения.

С целью увеличения размера, повышения качества воспроизводимого цветного изображения и увеличения

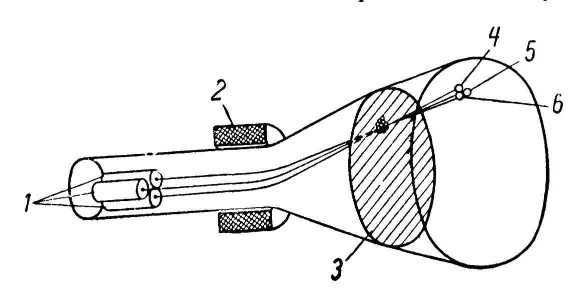


Рис. 24. Схема устройства трехлучевой цветной трубки с теневой маской и мозаичным экраном.

1—три электронных прожектора с электростатической фокусировкой; *2*—общая отклоняющая система; *3*—теневая маска; *4*, *5* и *6*—элементы синего красного и зеленого люминофоров (показаны в очень сильном увеличении).

оптической эффективности приемных устройств было предложено очень большое количество конструкций приемных трубок с трехцветным экраном. Ряд этих предложений воплощен в реальных приборах. В этих трубках три различных люминофора, светящихся синим, зеленым и красным цветом, раздельно возбуждаются либо тремя отдельными электронными пучками, либо одним соответствующим образом управляемым электронным пучком. Разноцветные люминофоры располагаются на одной поверхности, периодически повторяясь либо в одном направлении (штриховые экраны), либо в двух направлениях (мозаичные экраны).

На рис. 24 показано устройство трубки с теневой маской и мозаичным экраном. Три электронных прожектора помещены здесь под небольшим углом (около 1°) друг к другу. В плоскости пересечения электронных пучков установлена маска, представляющая собой тонкую металлическую пластину с большим числом круглых отверстий (число отверстий должно быть равно числу элементов изображения). Центр каждого отверстия приходится про-

тив центра равностороннего треугольника на экране трубки. В вершинах этого треугольника расположены точечные элементы люминофора, светящиеся под воздействием электронной бомбардировки соответственно красным, зеленым и синим цветом. Электронные пучки, пройдя через отверстие маски, снова расходятся и попадают каждый на соответствующее зерно люминофора. К управляющим электродам электронных прожекторов подводятся сигналы, соответствующие трем цветоделенным изображениям. Таким образом, каждая группа из трех люминофоров воспроизводит один элемент изображения.

Все три пучка отклоняются одной отклоняющей системой, что является достоинством трубки. Отклонение должно производиться так, чтобы все пучки проходили через одно и то же отверстие в маске, т. е. выполнялось условие так называемой динамической сходимости. Кроме того, при отклонении фокусное расстояние каждого из пучков должно изменяться таким образом, чтобы поверхность оптимальной фокусировки совпадала с поверхностью экрана (для этого необходима динамическая фокусировка). Для осуществления динамической сходимости и фокусировки по фокусирующей и корректирующей катушкам, помимо постоянной составляющей тока, должны протекать еще переменные составляющие тока приблизительно параболической формы со строчной и кадровой частотами. Это требует применения в приемнике специальных схем.

Трубка описанной конструкции может быть использована как при одновременном действии трех сигналов, так и при последовательном их действии. В последнем случае два из трех электронных пучков попеременно запираются.

Необходимость динамической регулировки трех электронных пучков и сложность технологического процесса изготовления являются основными недостатками трубки. Однако трубка с теневой маской и мозаичным экраном в настоящее время является наиболее распространенной. Следует отметить, что проблема создания достаточно простой и дешевой приемной трубки для массовых приемников цветного телевидения еще не решена окончательно.

По мишени с обратной ее стороны в горизонтальном направлении осуществляется развертка электронным пучком. Когда пучок находится на какой-нибудь из полосок, генерируется видеосигнал соответствующего «цвета». Для предотвращения появления сигналов во время нахожде-

ния пучка на двух соседних полосках электронный пучок запирается подводимыми к управляющему электроду импульсами.

Таким образом, во внешней цепи каждой из цветных групп образуются импульсы тока, величины которых пропорциональны световым потокам, пропущенным соответствующим фильтром.

Технология изготовления трубки такого типа очень сложна и трудна. Трубка обладает малой чувствительностью и большой инерционностью. Возможно, что дальнейшее развитие идеи штриховых трубок приведет к созданию надежной практической конструкции трубки и однотрубочной камеры.

Возможно применение на передающей стороне и разверток бегущим световым пятном. Световой поток от экрана проекционной трубки (являющейся источником света) с помощью оптической системы последовательно, элемент за элементом освещает объект передачи.

Свет, рассеиваемый объектом, попадает на группы фотоэлектронных умножителей, закрытых соответственно красным, зеленым и синим светофильтрами. Для того чтобы в каждый момент времени освещался только один элемент объекта, во время передачи в студии не должно быть других источников освещения, кроме проекционной электронно-лучевой трубки. Однако для работы оператора и артистов освещение студии необходимо. Общее освещение объекта может производиться импульсными источниками света, включаемыми автоматически на время обратного хода электронного луча по кадру (когда передача изображения отсутствует).

Одновременные системы цветного телевидения

Наиболее простой способ одновременной передачи состоит в передаче трех отдельных цветовых видеосигналов с полной полосой частот на трех отдельных несущих или на одной несущей с помощью двух поднесущих. Фактически это раздельная передача трех изображений — первичных составляющих цветного изображения. Но такая передача содержит значительную избыточную информацию.

Использование статистических свойств телевизионного сигнала и особенностей цветового зрения позволяет значительно сократить требуемую полосу частот. Различные варианты одновременной передачи необходимой цветовой

информации основаны на использовании одной или двух цветовых поднесущих, при этом производится либо совмещение спектров передаваемых сигналов, либо передача осуществляется раздельно.

Рассмотрим некоторые наиболее разработанные системы цветного телевидения.

Одновременная совместимая система с одной цветовой поднесущей. Предложено много вариантов построения систем цветного телевидения как с последовательной, так и с одновременной передачей цветов. Одной из наиболее перспективных в настоящее время считается одновременная совместимая система с одной цветовой поднесущей. Система такого типа используется для цветных телевизионных передач в СССР.

Отличительной особенностью данной системы является независимая передача яркостной информации изображения, т. е. сигналов, которые создают на экранах черно-белое изображение. Помимо яркостных сигналов, одновременно передаются особым способом сформированные цветовые сигналы, с помощью которых осуществляется окраска черно-белого изображения.

На выходах передающей камеры здесь имеются три сигнала, полученные от трубок, на фоточувствительные поверхности которых проецируются три цветоделенных изображения. В приемнике после ряда преобразований для создания цветного изображения крупных деталей снова получают эти три сигнала. Последние, как обычно, управляют плотностями электронных пучков трехцветного приемного устройства.

Однако по каналу связи сигналы основных цветов не передаются. Для удовлетворения требования совместимости (с черно-белой системой) один из передаваемых сигналов выбирается пропорциональным яркостной составляющей светового объекта. Если этот сигнал подвести к управляющему электроду приемной трубки черно-белого телевидения, то на экране будет получено изображение, правильно передающее ощущаемые яркости участков объекта: наиболее светлыми будут участки объекта светло-зеленых цветов, менее яркими — красноватых, самыми темными — синие, в соответствии со спектральной чувствительностью глаза. Если один этот яркостный сигнал подвести сразу ко всем трем управляющим электродам трехцветного приемного устройства, то зритель увидит черно-белое изображение такое же, как на экране

черно-белого приемника. По своим электрическим характеристикам яркостный сигнал не отличается от сигналов действующей черно-белой системы телевидения — здесь используются те же частоты разверток и общая полоса частот в канале передачи яркостного сигнала.

Два других сигнала, обусловливающих окраску изображения, передаются по каналу с сокращенной полосой частот. Сокращение полосы частот основывается на малой чувствительности зрения к изменению цветности мелких деталей. С помощью сигналов цветности, имеющих ограниченную полосу частот, производится лишь подкраска крупных деталей четкого черно-белого изображения.

Изображение объекта в передающей камере оптически разделяется на три цветоделенных таким образом, чтобы при передаче белого участка изображения видеосигналы на выходах всех трех трубок были одинаковыми, например по 1 *в*. В приемном воспроизводящем устройстве световая отдача люминофоров трех основных цветов выбирается такой, чтобы при подведении к управляющим электродам электронных прожекторов одинаковых видеосигналов смесь их свечения давала белый цвет.

Правильное воспроизведение яркости различных цветов объекта на экране черно-белой трубки обычного телевизора будет обеспечено лишь в том случае, если яркостный сигнал U_Y образуется в результате суммирования в пересчетном устройстве (матрице) выходных напряжений основных цветов в следующей пропорции:

$$U_Y = \alpha U_R + \beta U_G + \gamma U_B. \qquad (6)$$

Необходимость смешения в такой пропорции диктуется неодинаковой чувствительностью зрения к различным частям спектра равных по мощности излучений разной длины волны. Количественные значения величин α, β и γ зависят от выбора основных цветов приемника, а также от характеристик источника белого цвета, выбранного в качестве эталона.

Полагая $\alpha = 0{,}33$, $\beta = 0{,}59$, $\gamma = 0{,}08$, для яркостного сигнала получим следующее выражение:

$$U_Y = 0{,}33\,U_R + 0{,}59\,U_G + 0{,}08\,U_B. \qquad (7)$$

Из этого выражения видно, что сумма коэффициентов слагаемых равна 1. Поэтому для белых мест объекта сигнал на выходе пересчетного устройства равен также

1 *в*, как и для каждой из камер, и сигнал имеет максимальное значение. Если передается насыщенный желтый цвет, соответствующий смеси красного и зеленого, то сигнал U_Y будет равен:

$$U_Y = 0{,}59\,U_G + 0{,}33\,U_R = 0{,}92 \text{ в}.$$

Два сигнала цветности в первоначальном варианте системы формировались во втором пересчетном устройстве (рис. 25)

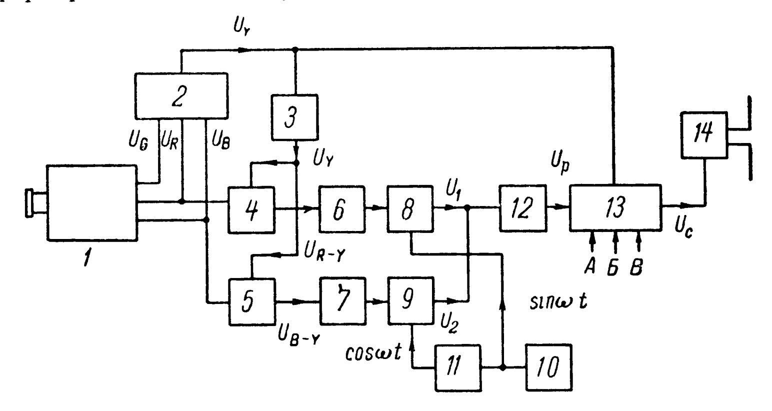


Рис. 25. Упрощенная блок-схема передатчика системы цветного телевидения с квадратурной модуляцией одной цветовой поднесущей.

1 — передающая камера; *2* — пересчетное устройство; *3* — фазовращатель на 180°; *4* и *5* — сумммирующие устройства; *6* — фильтр низкой частоты сигнала U_{R-Y}; *7* — фильтр низкой частоты сигнала U_{B-Y}; *8* и *9* — модуляторы; *10* — генератор колебаний поднесущей частоты; *11* — фазовращатель на 90°; *12* — линейный усилитель; *13* — смесительный усилитель; *14* — модулятор и радиопередатчик; *А* — строчный синхроимпульс; *Б* — смесь гасящих импульсов; *В* — смесь синхронизирующих импульсов.

в виде двух разностей: U_{B-Y} и U_{B-Y}. Разностный цветовой сигнал U_{R-Y} получается сложением выходного сигнала „красной“ трубки с яркостным сигналом обратной полярности. Аналогично образуется второй цветовой сигнал. После формирования цветовых сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y} частотные спектры последних ограничиваются с помощью фильтров *6*, *7* (рис. 25), пропускающих только низкочастотные составляющие (примерно до 20% высшей частоты яркостного сигнала). Последнее приводит к тому, что цветовые сигналы несут информацию о цветности только крупных деталей изображения.

Сигнал U_Y передается от передающей стороны к приемной при помощи амплитудной модуляции колебаний несущей частоты изображения. Оба цветовых сигнала передаются с помощью одного вспомогательного несущего колебания (поднесущей),

частота которого несколько ниже граничной частоты яркостного сигнала, т. е. находится в пределах спектра сигнала черно-белого телевидения (рис. 26,*а*).

Колебания поднесущей создаются на передатчике особым генератором, имеющим два выхода с напряжениями, сдвинутыми по фазе на 90° (т. е. генератор создает синусоидальное и косинусоидальное колебания одной частоты). Сигнал U_{R-Y} модулирует синусоидальное, а сигнал U_{B-Y} — косинусоидальное напряжение. В результате после модуляции получают два напряжения:

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= U_{R-Y} \cdot \sin \omega_п t; \\ U_2 &= U_{B-Y} \cdot \sin (\omega_п t + 90°), \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где $\frac{\omega_п}{2\pi} = f_п$ — частота поднесущей.

Эти колебания складываются в смесителе, в результате чего на выходе последнего получается результирующий сигнал U_p, являющийся геометрической суммой векторов U_1 и U_2 (рис. 27,*а*). Величина результирующего колебания может быть определена из выражения

$$U_p = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}, \qquad (9)$$

а фазовый сдвиг φ результирующего колебания U_p относительно некоторого начального положения определится из выражения

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{U_{R-Y}}{U_{B-Y}}. \qquad (10)$$

Результирующее колебание можно рассматривать в виде вращающегося вектора с угловой частотой $\omega_п$. Амплитуда, т. е. длина вектора, определяет насыщенность передаваемого цвета, а начальный фазовый сдвиг, зависящий от отношения смешиваемых «цветов», определяет цветовой тон. Из этого следует, что любой передаваемый цвет может быть представлен в виде вектора определенной величины, сдвинутого на некоторый угол относительно условного начала отсчета. На рис. 27,*б* показана векторная диаграмма, соответствующая различным цветам изображения.

В результате описанных процессов число сигналов, подлежащих передаче к приемнику, уменьшилось до двух:

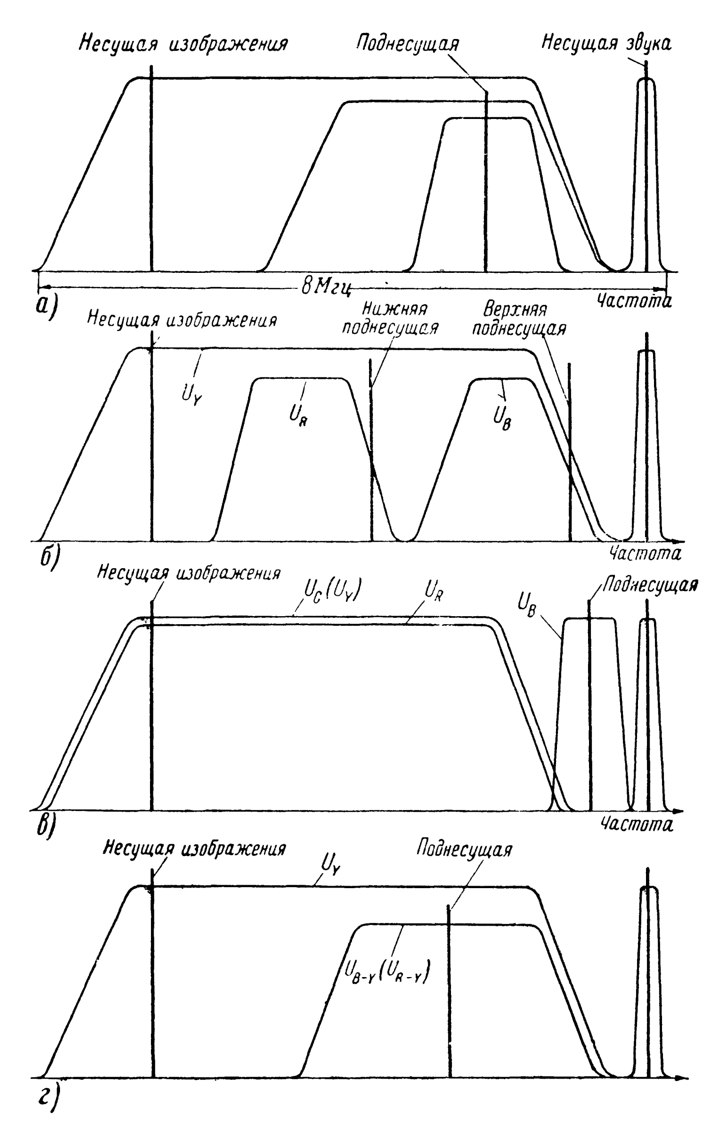


Рис. 26. Расположение спектров сигналов в различных системах цветного телевидения.

а — система с квадратурной модуляцией одной поднесущей; *б* — система с двумя поднесущими; *в* — система с двусторонней модуляцией; *г* — последовательно-одновременная система.

яркостного видеосигнала и колебания с частотой поднесущей, амплитуда и фаза которого отображают цветность передаваемого изображения.

Оба этих колебания можно было бы передать независимо с помощью двух радиопередатчиков и в приемнике выделить исходные сигналы U_Y и U_P, а затем U_{R-Y} и U_{B-Y}. Однако пошли по пути дальнейшего уплотнения частотного спектра. Цветовой сигнал U_P передается

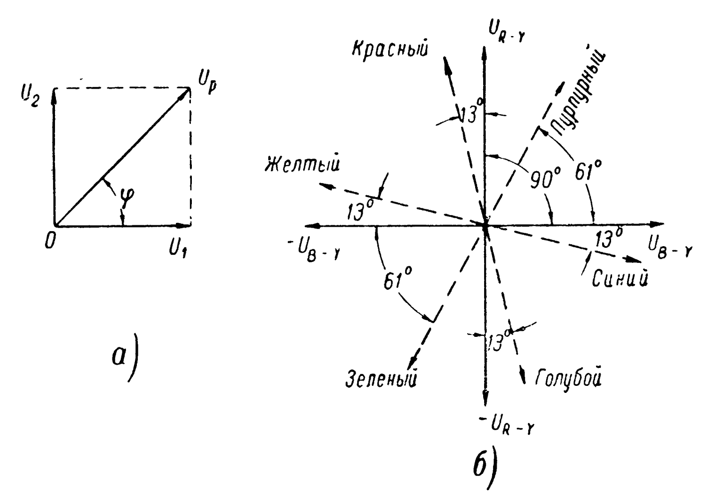


Рис. 27. Векторные диаграммы.
а—суммы напряжений U_1 и U_2; *б*—цветов изображения.

внутри полосы частот яркостного сигнала U_Y. На передающем конце производится сложение сигналов, так что получается только один результирующий сигнал передаваемого цветного изображения:

$$U_C = U_Y + U_P. \quad (11)$$

Этот сигнал модулирует сигнал ультракоротковолнового передатчика и излучается в пространство. После соответствующих преобразований в приемнике вновь выделяют этот сигнал U_C.

Спектр телевизионного сигнала не сплошной, а дискретный, в нем имеются незаполненные участки, которые и используются для передачи сигнала U_P.

Частота поднесущей выбирается кратной нечетному числу половины строчной частоты $\left(\frac{2n-1}{2}\right) f_c$, где

$n=1, 2, 3\ldots$ Тогда после суммирования сигналов U_Y и U_P их частотные спектры взаимно перемежаются. Поднесущая и гармоники сигнала U_P попадают в незаполненные частотные интервалы спектра сигнала U_Y, и наоборот (рис. 27). В этом случае используется так называемый метод междуканального уплотнения спектра.

Сигнал U_C, будучи подведен к управляющим электродам приемных цветных трубок или к черно-белой трубке, создает изображение, субъективно сходное с изображе-

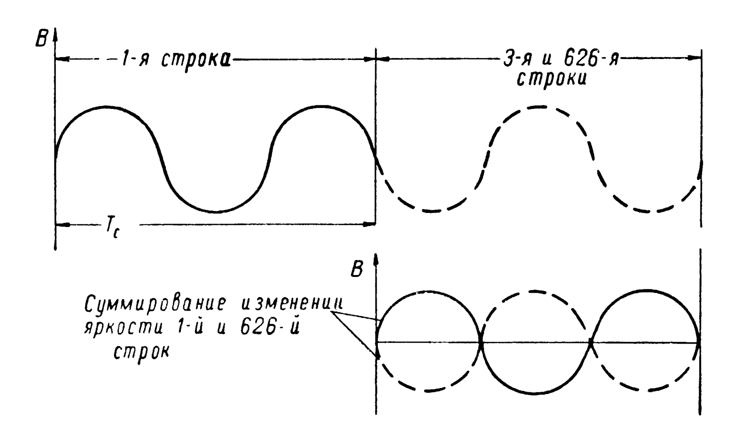


Рис. 28. Гашение яркостной модуляции за счет эффекта временного интегрирования.

B—изменение яркости вдоль строки; T_C —период строки.

нием, получаемым при использовании только сигнала U_Y. Это объясняется следующим. Если частота некоторого колебания равна нечетному числу половин строчной частоты, то период этого колебания, выраженный в единицах длины строки, меньше длины строки в целое с половиной число раз, т. е. вдоль строки укладывается не четное число полупериодов этого колебания.

Ввиду того, что число строк разложения при чересстрочной развертке выбирается нечетным, от момента окончания развертки данной строки до момента начала следующей развертки этой же строки пройдет четное число интервалов. Поэтому периодический сигнал, управляющий яркостью, будет в начале следующей развертки данной строки в том же фазовом положении, в каком он был при окончании предыдущей развертки этой же строки.

Если частота сигнала равна $\left(\frac{2n-1}{2}\right) f_c$ то распределение яркости, создаваемое этим сигналом при данной развертке, будет в противофазе с распределением яркости при предыдущей (и последующей) развертке, как это показано на рис. 28. Глаз наблюдателя будет усреднять эти противофазные изменения яркости и они почти не исказят основное изображение, тем более, что частота подне-

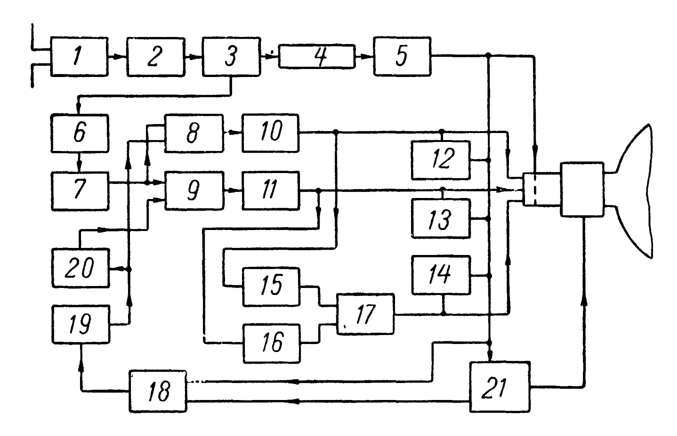


Рис 29. Функциональная схема приемного устройства системы цветного телевидения с квадратурной модуляцией одной поднесущей.

1 — усилитель высокой частоты; *2* — усилитель промежуточной частоты; *3* — видеодетектор; *4* и *5* — видеоусилитель; *6* — усилитель сигнала цветности; *7* — полосовой фильтр; *8* — синхронный детектор U_{B-Y}; *9* — синхронный детектор U_{R-Y}; *10* — усилитель ($K=2{,}03$); *11* — усилитель ($K=1{,}14$); *12*, *13* и *14* — восстановители постоянной составляющей; *15* — усилитель ($K=0{,}186$); *16* — усилитель ($K=0{,}509$); *17* — суммирующий каскад U_{G-Y}; *18* — каскад совпадений; *19* — генератор поднесущей с автоматической подстройкой фазы; *20* — фазовращатель на 90°; *21* — блок разверток;

сущей велика и мерцающая структура заметна только с близкого расстояния в виде точек.

Упрощенная функциональная схема приемного устройства приведена на рис. 29. Выделенный после детектирования сигнал подводится к полосовому фильтру, пропускающему только полосу частот, в которой содержатся составляющие сигнала U_P. Выделенный таким образом сигнал U_P содержит высокочастотные гармоники сигнала U_Y, однако амплитуды этих мешающих гармоник малы. Сигнал U_P подводится к схемам так называемых синхронных детекторов, точнее преобразователей частоты, в ко-

торых происходит выделение разностных сигналов. К детекторам, помимо сигнала U_P, подводятся колебания с частотой поднесущей: к детектору сигнала U_{B-Y} — синусоидальное, к детектору U_{R-Y} — косинусоидальное. При синхронном детектировании несколько ослабляется влияние мешающих гармоник сигнала U_Y, как несимметричных относительно частоты поднесущей.

Частота колебаний вспомогательного генератора, необходимого для осуществления синхронного детектирования, должна быть в точности равна частоте поднесущей. Кроме того, фаза колебания должна быть согласована с нулевой фазой принимаемого сигнала U_P, ибо фазовые различия непосредственно преобразуются в изменения цветового тона. Поэтому местный генератор принудительно синхронизируется приходящими сигналами. Во время передачи строчного гасящего импульса синхрогенератор передатчика подает несколько калиброванных по фазе циклов поднесущей (рис. 30).

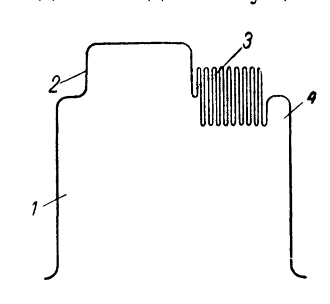


Рис. 30. Расположение синхросигнала поднесущей на гасящем импульсе горизонтальной развертки.

1 — гасящий импульс; *2* — импульс строчной синхронизации; *3* — синхросигнал поднесущей; *4* — задняя площадка гасящего импульса.

Образование цветного изображения в данной системе происходит следующим образом. Выделенные в приемнике цветовые сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y} используются в схеме формирования третьего разностного сигнала U_{G-Y} и одновременно поступают в схему сложения с яркостным сигналом (рис. 29).

Используя выражение (7) для сигнала U_{G-Y}, можно написать следующее равенство:

$$U_{G-Y} = -0{,}571U_{R-Y} - 0{,}138U_{B-Y},$$

откуда видно, что для получения третьего разностного сигнала нужно сложить 57,1% цветоразностного сигнала U_{R-Y} с 13,8% сигнала U_{B-Y}, причем оба сигнала складываются в обратной полярности.

Затем каждый из узкополосных разностных сигналов складывается с широкополосным яркостным сигналом и результирующее напряжение подводится к соответствующим электродам приемной цветной трубки.

Сложение узкополосного сигнала U_{R-Y} с сигналом U_Y дает низкочастотные составляющие U_R, так как $U_Y + U_{R-Y} = U_R$, и высокочастотные составляющие сигнала U_Y, так как высокочастотная составляющая U_{R-Y} равна нулю. Аналогично на выходе второго суммирующего устройства получаются низкочастотные составляющие U_G и высокочастотная часть яркостного сигнала. Третье суммирующее устройство дает соответственно U_B и U_Y.

Таким образом, крупные детали воспроизводятся в цветах, а мелкая структура в результате одновременного воздействия на все три трубки высокочастотных составляющих сигнала U_Y воспроизводится черно-белой.

Одним из недостатков описанной системы цветного телевидения является наличие поднесущей, модулированной как по фазе, так и по амплитуде. При детектировании такого колебания возникают взаимные искажения разностных сигналов, что приводит к неправильному цветовоспроизведению. В состав приемника входят схемы синхронных детекторов, требующих для работы высокостабильного по частоте и по фазе колебания, создаваемого местным генератором поднесущей в самом приемнике. Все это прводит к усложнению приемников.

Поэтому производится разработка других систем, в которых используются другие принципы передачи цветовых сигналов и их формирования.

Совместимая система цветного телевидения с двумя поднесущими. Одним из возможных вариантов совместимой системы цветного телевидения является система с двумя поднесущими, расположенными в спектре основного (яркостного) видеосигнала, не перекрывающими друг друга (рис. 26,*б*). Такая система была осуществлена в Голландии в 1954—1957 гг.

На передатчике из трех сигналов формируется яркостный сигнал высокой четкости. Сигналы U_R и U_B ограничиваются по частоте и независимо модулируют свои поднесущие.

В данной системе главной проблемой является разработка способов маскировки появления на экране точечной структуры от поднесущих на экране приемного устройства. Эта проблема возникает, во-первых, из-за необходимости расположения в спектре яркостного сигнала двух поднесущих с их боковыми частотами, причем частоту одной из них приходится выбирать более низкой, а следовательно, и более заметной для глаза. Кроме того, воз-

можны биения между поднесущими, визуальный эффект от которых может быть значительной сильнее, чем от самих поднесущих. Это связано с тем, что разнос между поднесущими не может быть сделан больше чем 1—1,5 *Мгц*.

Нижняя поднесущая, как наиболее заметная, здесь выбирается равной нечетной гармонике половинной строчной частоты, а верхняя поднесущая — равной четной гармонике. С тем чтобы абсолютное значение частоты нижней поднесущей было выше, верхняя поднесущая модулируется сигналами цвета с более узкой полосой, а оба сигнала поднесущих передаются с подавлением верхней боковой полосы. При таком выборе поднесущих разностные частоты кратны нечетному значению половинной строчной частоты, и ее мешающее действие, так же как и нижней поднесущей, компенсируется в смежных кадрах.

С целью уменьшения видности поднесущих и их биений на экранах приемных устройств в данной системе применяется поворот фаз поднесущих при смене полей в кадре. Нижняя поднесущая изменяет фазу при смене поля на 90°. Поворот фазы верхней поднесущей равен 180°. В соответствии с этим поворачивается фаза и у разностных частот.

Промодулированные поднесущие колебания складываются в суммирующем устройстве с яркостным видеосигналом и результирующее колебание поступает далее на модулятор радиопередатчика (рис. 31,*а*).

Приемное устройство получается достаточно простым (блок-схема приведена на рис. 31,*б*). Принятые приемником сигналы усиливаются и детектируются. После этого происходят разделение, детектирование и формирование цветовых сигналов. В канале яркости устанавливаются два режекторных фильтра, вырезающих из сигнала яркости поднесущие и наиболее интенсивные колебания боковых частот, образующихся за счет их амплитудной модуляции.

Выделенные «красные» и «синие» сигналы подводятся к декодирующему устройству. В последнем путем вычитания из яркостного сигнала сигнала красного и синего формируется «зеленый» сигнал. Кроме того, ко всем трем сигналам — «красному», «зеленому» и «синему» — примешиваются высокочастотные составляющие яркостного сигнала.

Использование обычного метода амплитудной моду-

ляции поднесущих частот избавляет от необходимости использовать синхронное детектирование и восстанавливать поднесущие частоты. Тем самым исключаются недостатки, присущие предыдущей системе, связанные с высокими требованиями к характеристикам канала связи.

Одним из недостатков этой системы является зависимость качества цветного изображения от постоянства от-

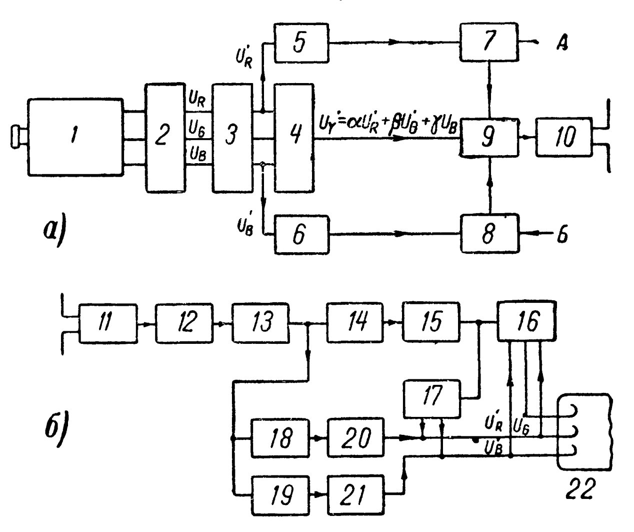


Рис. 31. Упрощенные блок-схемы передатчика (а) и приемника (б) системы с двумя поднесущими.

1 — передающая камера; *2* — делители; *3* — гамма-корректор; *4* — кодирующее устройство; *5* — фильтр нижних частот 0—2 *Мгц*; *6* — фильтр нижних частот 0—1 *Мгц*; *7* и *8* — модуляторы; *9* — смесительный каскад; *10* — модулятор и радиопередатчик; *А* — колебания нижней поднесущей; *Б* — колебания верхней поднесущей; *11* — усилитель высокой частоты и смеситель; *12* — усилитель промежуточной частоты; *13* — видеодетектор; *14* — режектор верхней поднесущей; *15* — режектор нижней поднесущей; *16* — пересчетная схема; *17* — полосовой фильтр; *18* и *19* — полосовые фильтры; *20* — детектор нижней поднесущей; *21* — детектор верхней поднесущей; *22* — цветная приемная трубка.

носительных уровней сигналов поднесущих частот. С целью поддержания постоянства уровней сигналов поднесущих частот по отношению к яркостному сигналу используется автоматическая регулировка усиления колебаний поднесущих частот. Схема автоматической регулировки усиления управляется специальными посылками пакетов синусоидальных колебаний поднесущих частот, передаваемых поочередно на площадке строчного гасящего импульса.

Данная система менее помехоустойчива, чем предыду-

щая. На качестве воспроизведения сказываются перекрестные помехи, возникающие за счет взаимного прохождения каждого из сигналов U_R, U_B, U_Y в каналы двух других сигналов.

Совместимая система цветного телевидения с кодированием сигнала цветности. Основой кодовой системы цветного телевидения является невидоизменяемый тракт передачи — приема действующей системы черно-белого телевидения. Цветовые характеристики являются дополнительными к яркостным, осуществляя окраску черно-белого изображения. В кодовой системе яркость воспроизводимого изображения может принимать любые значения, изменяясь непрерывно. Цветность изображения может принимать лишь ограниченное число значений. Система эта предложена М. Валенси (Франция).

Исключение избыточности информации из сигналов цветности в этой системе основано не только на меньшей разрешающей способности зрения к цветовым сочетаниям, чем к белым, но и на использовании предельной различимости зрением человека изменений тона и чистоты цветов.

Как известно, спектр реальных цветов представляет собой непрерывное изменение цветового тона. Однако зрительный аппарат различает некоторое конечное количество наиболее характерных цветовых оттенков, благодаря чему спектр кажется состоящим из ограниченного числа полос различной цветности. Промежуточные же тона в этом случае могут считаться избытком информации, который можно безболезненно исключить. Таким образом, передаче должно подлежать какое-то конечное число цветовых тонов. Количество различных порогов насыщенности также ограничено и имеет конечное значение.

На рис. 32 изображена стандартная цветовая диаграмма XYZ, поверхность которой разделена на 51 область. Бесконечное многообразие цветностей, ограниченных линией спектральных цветов диаграммы или практически треугольником основных цветов приемника (R, G, B), воспроизводятся в описываемой системе конечным числом цветностей точек *1*, *2*, *3*,... Все цветности, находящиеся в зонах, окружающих точки *1*, *2*, *3*,..., воспроизводятся цветностями «центральных» точек соответствующих зон. Для передачи сообщения о цветности какого-либо элемента изображения достаточно в этом случае передать

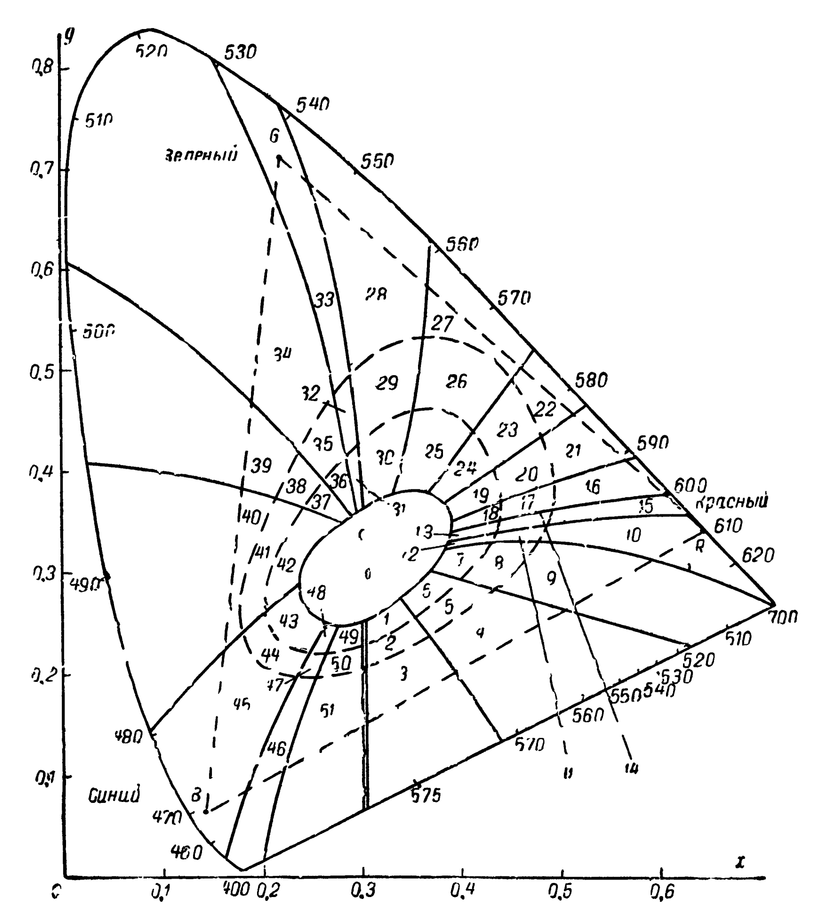


Рис. 32. Цветовой график, разбитый на 51 область.

номер этой области, цветность которой соответствует цветности передаваемого элемента.

В процессе кодирования происходит преобразование сведений о трехцветных коэффициентах данной цветности в сведения о номере зоны и преобразование этих сведений в определенное для данной зоны значение электрического (кодового) сигнала.

В приемном устройстве происходит обратное преобразование — декодирование принятого сигнала в сигналы, пропорциональные трехцветным коэффициентам «цен-

тральной» (или любой другой) точки соответствующей зоны.

Особенности кодового сигнала, переносящего информацию о цветности, состоят в том, что цветность — функция двух переменных — передается изменением лишь одной переменной — величиной кодового сигнала.

Упрощенная блок-схема передатчика кодовой системы приведена на рис. 33. Из сигналов первичных цветов U_R, U_G и U_B, которые получаются на выходе трехцветной ка-

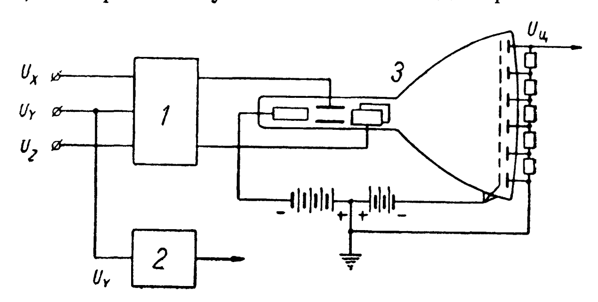


Рис. 33. Функциональная схема части передающего устройства кодовой системы цветного телевидения.
1 — преобразователь; 2 — усилитель; 3 — кодирующая трубка.

меры, формируется не только сигнал яркости U_Y, но и сигналы U_X и U_Z. Сигнал яркости используется по прямому назначению и для генерирования сигналов относительных компонент U_X и U_Y. Для этого сигналы U_X, U_Y и U_Z подводятся к преобразователю, формирующему требуемые сигналы согласно следующим уравнениям:

$$U_X = \frac{U_X}{U_X + U_Y + U_Z}; \qquad U_Y = \frac{U_Y}{U_X + U_Y + U_Z}.$$

Полученные величины являются координатами положения цветовой точки, соответствующей цвету передаваемого элемента на цветовой диаграмме. Эти напряжения подводятся к отклоняющей системе кодирующей электроннолучевой трубки (рис. 34). Под их действием электронный луч отклоняется в точку экрана трубки, которой соответствуют координаты x и y.

Составной анод кодирующей трубки имеет очертания цветового треугольника (рис. 32). Он составлен из 51 металлического сектора. Каждому из этих секторов присвоен порядковый номер. Выводы соседних по номеру и

изолированных друг от друга секторов соединяются между собой через сопротивления. С крайнего вывода снимается сигнал цветности. Величина этого сигнала будет пропорциональна суммарной величине сопротивления, по которому протекает ток электронного пучка трубки. Таким образом, попадая на тот или иной металлический сектор составного экрана, ток пучка создает сигнал различной величины для различных областей. Предложены и другие виды конструкции кодирующей трубки.

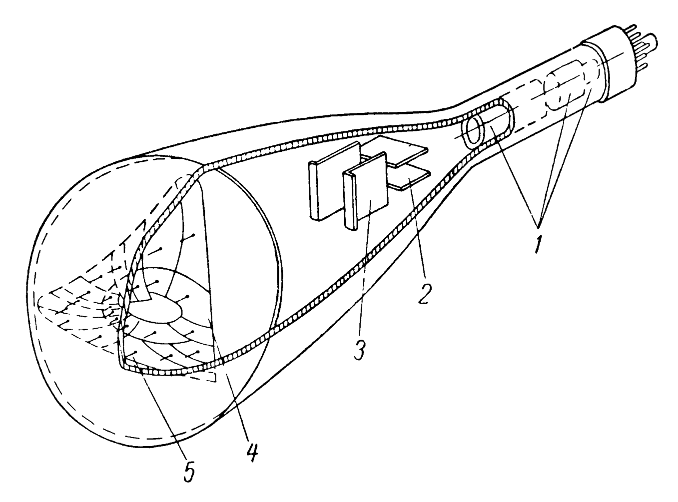


Рис. 34. Устройство кодирующей трубки.

1—электронный прожектор; 2—пластины вертикального отклонения; 3—пластины горизонтального отклонения; 4—секторный анод; 5—выводы секторов анода.

Нумерация областей на диаграмме и шкала кодовых сигналов должны быть выбраны так, чтобы соседним электрическим значениям кодового сигнала соответствовали точки, расположенные в примыкающих друг к другу областях цветовой диаграммы. В этом случае при неточной передаче системой данного значения сигнала воспроизводится субъективно сходный цвет. Число кодируемых зон должно быть значительно бо́льшим числа ступенек, достоверно передаваемых по среднему каналу связи, тогда зрители, приемники которых находятся в лучших условиях (ближе к телевизионному радиопередатчику в условиях малых помех), будут обеспечены лучшей цветопередачей.

В данной системе сигнал о цветности содержит сведения о различных цветах, при этом необходимая полоса частот для передачи сигнала определяется теми цветами, для которых разрешающая способность глаза к цветовым переходам наибольшая. Сигнал цветности в одной из практических систем передается в полосе частот, равной 1,2—1,5 *Мгц*. Передача этого сигнала осуществляется при

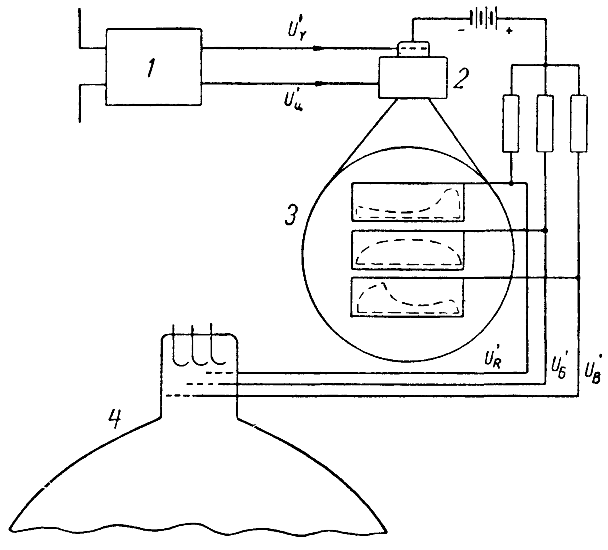


Рис. 35. Функциональная схема приемного устройства кодовой системы цветного телевидения.

1—приемник; *2*—фокусирующе-отклоняющая система; *3*—декодирующая трубка; *4*—цветная трубка.

помощи амплитудной модуляции поднесущей, которая располагается в спектре яркостного сигнала. Частота поднесущей выбирается равной нечетной гармонике половинной строчной частоты. Для того чтобы абсолютное значение частоты поднесущей можно было сделать по возможности большим, в системе используется подавление верхней боковой полосы частот от амплитудной модуляции поднесущей. Сигналы яркости и цветности могут передаваться и независимо.

В приемном устройстве (рис. 35) после видеодетектора производится выделение сигнала цветности из сигнала яркости. Так как сигнал цветности является сигналом кодированным, то для его расшифровки используется спе-

циальная декодирующая электронная трубка. Последняя содержит электронный прожектор, создающий равномерный по сечению электронный пучок ножевидной формы. Электронный пучок проходит между отклоняющими пластинами, на которые подается сигнал цветности, благодаря чему отклонение пучка пропорционально мгновенному значению кодового сигнала. На пути, пучка установлена маска, в которой сделаны три ряда вырезов. Конфигурация вырезов каждого ряда соответствует относительному содержанию в цветности данной кодовой точки трех основных цветов. В верхнем ряду высота выреза меняется от одного крайнего положения к другому соответственно содержанию красного цвета в первой точке, затем во второй и т. д. Средний ряд вырезов отражает содержание зеленого цвета и нижний ряд — синего. За вырезами расположены три коллекторные пластины так, что каждый из трех пропущенных маской электронных пучков попадает всегда на свою пластину. Во внешних цепях коллекторных пластин включены нагрузочные сопротивления. На управляющий электрод декодирующей трубки подается яркостный сигнал. С выхода кодирующей трубки снимаются напряжения, пропорциональные абсолютным значениям U_R, U_G и U_B. Эти напряжения подводятся к управляющим электродам трехцветной трубки.

К недостаткам этой системы относятся: ограниченное заранее количество цветовых тонов и насыщенностей деталей объекта, низкая помехоустойчивость системы кодирования сигнала цветности, возможность искажения цветопередачи за счет компонент яркостного сигнала, а также необходимость применения в приемном устройстве специального декодирующего устройства.

К достоинствам системы относятся: наличие только одной поднесущей в спектре яркостного сигнала, модуляция поднесущей только одним сигналом, некритичность к изменениям фазы колебаний поднесущей. Так как число достоверно воспроизводимых оттенков цвета зависит от мощности передатчика, то повышение качества цветопередачи может быть произведено без усложнения приемника.

Смешанные системы цветного телевидения

Система с двусторонней модуляцией поднесущей частоты. В этой системе два цветовых сигнала передаются последовательно во времени и

каждый из них одновременно с третьим сигналом. Выбор способа передачи цветовых сигналов основывается на том предположении, что для качественного воспроизведения цветного изображения сигналы «красной» и «зеленой» составляющих должны иметь равную и достаточно широкую полосу частот. Для сигнала «синей» составляющей полоса частот может быть значительно более узкой — в 10—20 раз. Широкополосные сигналы U_G (или U_Y) и U_R передаются на несущей частоте, чередуясь с частотой элементов изображения. Узкополосным сигналом U_B модулируется по амплитуде поднесущая частота $f_п$, вынесенная за пределы спектра сигналов U_R и U_G (рис. 26,*в*). Система разработана во Франции в 1954—1957 гг.

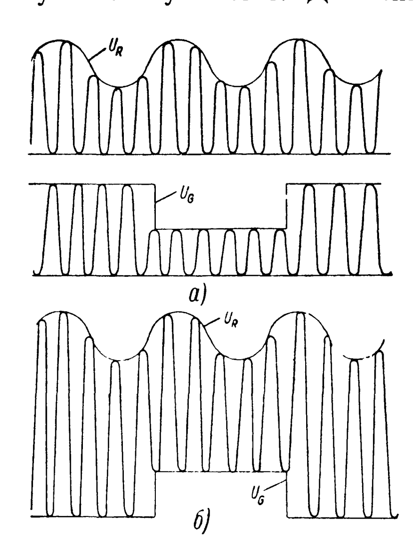


Рис. 36. К пояснению принципа двусторонней модуляции сигналами U_R и U_G колебаний вспомогательной поднесущей, имеющей частоту f_0.

Поэлементное чередование сигналов U_R и U_G достигается применением вспомогательной поднесущей частоты f_0, частота которой выбирается несколько выше высшей частоты спектра сигналов U_R и U_G и устанавливается равной нечетной гармонике половины строчной частоты. С этой целью два напряжения частоты f_0, сдвинутые между собой на 180°, с помощью специального устройства односторонне модулируются по амплитуде сигналами U_R и и U_G (рис. 36,*а*).

После сложения двух модулированных сигналов образуется широкополосный сигнал, представляющий собой серию импульсов с частотой повторения f_0, двусторонне модулированных сигналами U_R и U_G (рис. 36,*б*). В процессе формирования двусторонне модулированного сигнала при глубокой модуляции возникают перекрестные искажения. Для уменьшения перекрестных искажений в модулирующие сигналы заблаговременно вводятся сигналы

коррекции, по величине и форме равные сигналам перекрестных искажений и противоположные им по полярности.

Так как положительные и отрицательные полуволны колебаний частоты f_0 модулируются различными сигналами (сигналами U_R и U_G), то за время одной строки через канал будет передана информация о половине элементов строки «красного» изображения и о другой половине элементов «зеленого» изображения. Ввиду того, что частота f_0 кратна нечетной гармонике частоты строк, в следующем кадре соответствующие полуволны вспомогательной поднесущей частоты будут сдвинуты на 180° и окажутся промодулированы сигналами тех элементов изображения, которые были пропущены в первом кадре.

В приемном устройстве разделение сигналов U_R и U_G осуществляется с помощью двух амплитудных детекторов, полярность включения которых противоположна. Сигнал поднесущей частоты $f_п$, модулированной по амплитуде сигналом U_B, выделяется из полного видеосигнала узкополосным фильтром и детектируется. После усиления сигналы U_R, U_G и U_B модулируют лучи цветной приемной трубки.

Основной недостаток рассматриваемой системы заключается в том, что не удается получить удовлетворительное качество совместимого изображения на экранах обычных черно-белых приемников.

Последовательно-одновременная система. В этой системе на несущей частоте передатчика в полной полосе частот передается яркостный сигнал U_Y (рис. 26,*г*). На поднесущей частоте $f_п$ методом амплитудной модуляции передаются ограниченные по полосе разностные сигналы цветности U_{R-Y} и U_{B-Y}, чередуясь через каждую строку изображения. После передачи каждого кадра изображения порядок следования разностных сигналов меняется на обратный. Поскольку на приемном конце для формирования сигналов первичных цветов требуются одновременно все три переданных сигнала, в одном из каналов сигнала цветности перед пересчетной схемой включается линия задержки (рис. 37). Два электронных коммутатора поочередно подключаются к входу и выходу линии задержки. Эти переключения происходят в такой последовательности, что когда вход одного коммутатора присоединен к выходу линии задержки, другой соединяется с ее входом. В результате на выходе одного коммутатора непрерывно появляются сигналы U_{R-Y}, а на выходе дру-

того — U_{B-Y}. При этом сигнал, полученный во время передачи одной строки цветного изображения, повторяется дважды. Полученные одновременные сигналы U_{R-Y} и U_{B-Y} подводятся к пересчетной схеме, где формируется третий сигнал U_{G-Y}. Таким образом, в данной системе производится сокращение вертикальной четкости «синего» и «красного» изображений.

К недостаткам описанной системы относятся громоздкость схемы коммутации сигналов цветности и трудность

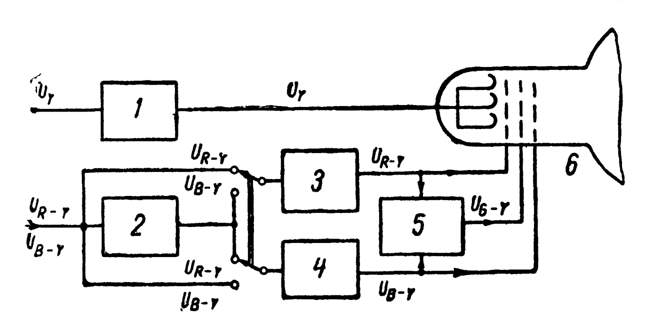


Рис. 37. Получение цветоразностного сигнала в последовательно-одновременной системе.

1 — усилитель яркостного сигнала; *2* — линия задержки; *3* и *4* — электронные коммутаторы; *5* — пересчетная схема; *6* — цветная приемная трубка.

выполнения широкополосной линии задержки на время одной строки. В качестве такой линии при испытании системы использовалась ультразвуковая линия задержки, массовое изготовление которых затруднительно.

Эта система разработана в 1956—1957 гг. во Франции. Аналогичный вариант системы был разработан в Японии. Исследования смешанных телевизионных систем были проведены также в СССР.

Разработка рациональных методов передачи сигналов цветного телевидения по каналу связи наряду с созданием массовой цветной приемной трубки является важной проблемой цветного телевидения.

В СССР теоретическим и экспериментальным исследованиям были подвергнуты различные варианты одновременных и смешанных систем совместимого цветного телевидения.

Описанная выше совместная система цветного телевидения принята для опытного вещания в СССР. В настоя-

щее время опытные передачи производятся в Москве. Начал вести опытные передачи цветного телевидения Ленинградский телевизионный центр.

В 1959 г. введена в действие установка цветного телевидения в павильоне «Радиоэлектроника» на Выставке достижений народного хозяйства СССР в Москве. В программу демонстраций входит показ различных сцен и концертов из студии, показ изображений цветных диапозитивов и кинофильмов. Имеется возможность показывать цветные изображения, принятые по радио из экспериментальной студии цветного телевидения по пятому каналу (92—100 *Мгц*) и из Московского телевизионного центра по восьмому каналу (190—198 *Мгц*). Для осуществления этой программы в павильоне «Радиоэлектроника» построены студия и аппаратная цветного телевидения, приемный пункт с антеннами.

В опытной системе цветного телевидения полоса частот видеосигнала равна 6 *Мгц*, а полоса частот всего телевизионного канала — 8 *Мгц*.

Наша промышленность выпускает небольшими партиями цветные телевизионные приемники. Сконструированы цветные телевизоры проекционного типа с тремя приемными трубками (при оптическом сложении трех изображений) и телевизоры с одной трехцветной приемной трубкой.

Экран отечественной цветной трубки типа 53ЛК4Ц имеет мозаичную структуру из трехточечных групп люминофоров. Соседние группы находятся на расстоянии 0,73 *мм*. Количество групп — около 430 000. В маске, установленной на расстоянии 14 *мм* от экрана, имеется соответственно около 430 000 отверстий диаметром 0,26 *мм*. Диаметр экрана трубки 53 *см*. Трубка работает при анодном напряжении 20 *кв*. Яркость свечения экрана 4 *мсб*.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ОБЪЕМНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Мы видим объемно главным образом потому, что все окружающее рассматриваем двумя глазами. Поскольку глаза человека находятся на некотором расстоянии друг от друга, каждый предмет воспринимается левым глазом несколько иначе, чем правым. Именно это незначительное

несоответствие изображений предметов на сетчатках обоих глаз и дает нам возможность судить об относительной удаленности этих предметов или их частей друг от друга, т. е. видеть их объемно.

Особо следует подчеркнуть тот факт, что впечатление объемного изображения создается не только за счет некоторой разницы на сетчатках глаз, а в большой мере благодаря согласованным действиям аппарата зрения и мозга, благодаря предшествующему жизненному опыту человека. В телевизионной камере предметы проецируются объективом на плоскую светочувствительную поверхность передающей трубки, обусловливая образование плоскостных изображений на телевизионном экране. Все же телезритель способен в некоторой степени воспринимать рельеф и удаленность предметов, изображение которых воспроизводится в необъемном телевидении.

Однако подлинное суждение о глубине при рассматривании двумя глазами плоского телевизионного изображения утрачивается. Поэтому для телевизионного воспроизведения объемных изображений необходимо передавать два изображения одного и того же предмета. Принятая стереопара, представляющая собой левое и правое изображения, должна быть разделена так, чтобы левое изображение рассматривалось только левым глазом, а правое — только правым.

Простейшим способом создания объемного телевизионного изображения является использование одновременной двухканальной телевизионной системы. В этом случае на передающем конце одновременно работают две телевизионные камеры, установленные рядом, так чтобы расстояние между объективами равнялось расстоянию между глазами человека — базе объемного зрения (функциональная схема установки приведена на рис. 38,*а*). Выходные сигналы камер после соответствующего усиления передаются по кабелям к приемникам или модулируют два радиопередатчика. Прием осуществляется двумя приемниками. На экранах двух электронно-лучевых трубок создаются изображения, соответствующие правой и левой камерам. Наблюдение изображения может производиться с помощью обычного зеркального стереоскопа.

Подобное решение проблемы объемного телевидения, хотя и приемлемо в ряде случаев ввиду простоты, имеет практические недостатки. К ним нужно отнести невозможность наблюдения изображения несколькими зрите-

лями и необходимость двойного увеличения количества аппаратуры.

Для расширения числа зрителей, наблюдающих изображение, применяются цветные и поляризационные фильтры, а также растровые решетки — такие же как и в советской системе стереоскопического кино.

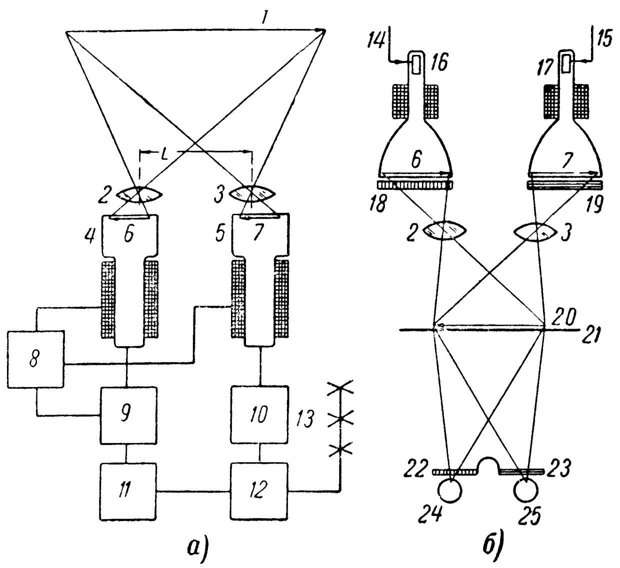


Рис. 38. Одновременная система объемного телевидения.

а—схема передающей части системы; *б*—схема разделения стереопары очковыми методами; *1*—передаваемое изображение; *2* и *3*—объективы; *4* и *5*—левая и правая передающие трубки; *6* и *7*—левое и правое изображения; *8*—устройства развертки и синхронизации; *9* и *10*—левый и правый видеоусилители; *11*—модулятор и генератор колебаний поднесущей частоты; *12*—радиопередатчик; *13*—антенна; *14* и *15*—сигналы от левого и правого изображения; *16* и *17*—приемные трубки; *18* и *19*—светофильтры (или поляроиды); *20*—совмещенное изображение; *21*—проекционный экран; *22* и *23*—очки из светофильтров (или поляроидов); *24* и *25*—левый и правый глаз зрителя.

При использовании фильтров изображения с экранов правой и левой приемной трубок проецируются на общий экран (рис. 38,*б*). Изображения проецируются через светофильтры двух дополнительных цветов. Например, свет правой трубки, прежде чем попасть на экран, проходит через голубой фильтр, а левой трубки — через красный фильтр. Наблюдатели снабжаются очками с такими же фильтрами. Правый глаз оказывается покрытым голубым фильтром, а левый — красным. При этом правый глаз на-

блюдателя не увидит изображения экрана левой трубки, ибо голубой фильтр не пропускает красных лучей, а левый глаз не увидит изображения экрана правой трубки.

Объемное изображение будет черно-белым, так как при наблюдении правым и левым глазами различных цветов результирующий ощущаемый цвет такой же, как и при других способах смещения. Это явление называется бинокулярным смешением цветов. При этом предполагается, что цветности и прозрачности фильтров подобраны так, что в результате смешения дополнительных цветов образуется белый цвет.

Другой способ разделения изображений после проекции на общий экран состоит в использовании поляризационных фильтров (поляроидов) — тонких пленок из желатина, в которые вкраплено множество микроскопических кристаллов, обладающих способностью пропускать свет, поляризованный в одной плоскости. Схема устройства для наблюдения изображения при применении поляроидов не отличается от схемы, изображенной на рис. 38. Вместо цветных фильтров здесь используются поляризационные. Перед экранами приемных трубок устанавливаются на пути световых лучей поляроиды со взаимно-перпендикулярными плоскостями поляризации. Например, перед экраном левой трубки устанавливается фильтр, пропускающий свет, поляризованный в вертикальной плоскости, а перед экраном правой трубки — в горизонтальной плоскости. Если общий экран не искажает характера поляризации, то наблюдатель, снабженный очками из таких же поляроидов, увидит каждым глазом только одно изображение.

Можно обойтись и без применения очков. В этих случаях в непосредственной близости от экрана, на котором воспроизводится изображение, устанавливается решетка, составленная из чередующихся прозрачных и непрозрачных вертикальных полос. Если через такую решетку спроецировать на общий экран оба изображения с экранов электронно-лучевых трубок (рис. 39), то можно подобрать такое расстояние между решеткой и экраном, что на последнем получится изображение, составленное из узких чередующихся полосок, принадлежащих правому и левому кадрам.

Если изображение, составленное из узких чередующихся полосок, принадлежащих правому и левому кадрам, рассматривать через вторую такую же решетку, то можно найти такое положение, при котором правым глазом наблю-

датель не увидит полосок, принадлежащих левому изображению, и, наоборот, левый глаз не увидит полосок правого изображения.

Наличие решетки ограничивает количество зрителей, так как решетка выполняет свою роль лишь в случае вполне определенного расстояния от нее. Это иллюстрируется рис. 39, где выполнено графическое построение точек *Л* и *П*, в которых должны быть помещены глаза зрителя для правильного наблюдения стереоскопического изображения.

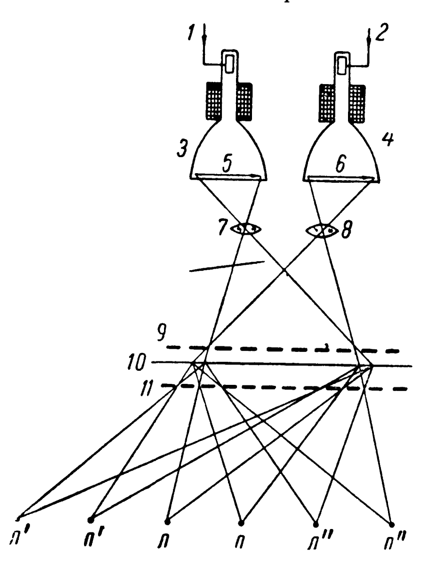


Рис. 39. Схема деления изображения растровыми решетками.

1 и *2*—сигналы от левого и правого изображений; *3* и *4*—приемные проекционные трубки; *5* и *6*—левое и правое изображения на экранах трубок; *7* и *8*—объективы; *9* и *11*—растровые решетки; *10*—экран; *Л*,*П*—левый и правый глаз наблюдателя.

Применение двух решеток, как это показано на рис. 39, не является обязательным — проекция изображения может осуществляться через ту же решетку, через которую производится наблюдение. В этом случае проецируемые изображения и зрители находятся по одну сторону экрана. Изображение из чередующихся полосок, принадлежавших правому и левому стереокадрам, может быть создано с помощью вертикальной развертки и схемы электронного переключения каналов на экране одной трубки.

При применении растровых решеток теряется много света, поэтому их обычно заменяют прозрачными экранами из тонких цилиндрических линз, рассчитанных в соответствии с числом строк разложения. Такие экраны осуществляют процесс разделения стереопары (изображений для правого и левого глаза) и оказывают фокусирующее действие на световые лучи.

Объемное изображение можно получить не на проекционном экране, а непосредственно на экране специальной приемной трубки. На рис. 40 схематически показано устройство трубки для одновременной передачи изобра-

жений. В двухлучевой трубке электронные прожекторы установлены так, что оба луча пересекаются в плоскости растровой решетки, помещенной внутри трубки перед светящимся экраном. При отклонении лучей магнитным полем общей фокусирующей и отклоняющей системы пересечение лучей должно происходить в плоскости растровой решетки. На управляющие электроды прожекторов подаются электрические сигналы, соответствующие передаваемым левому и правому изображениям. Лучи, проходящие через щели растровой решетки под разными углами, будут воспроизводить на экране чередующиеся элементы левого и правого изображений. В результате будет получена стереопара в виде чередующихся вертикальных строк. Разделение ее для левого и правого глаза производится линзовым экраном. Последний может находиться и внутри трубки. При применении растровых экранов в телевидении в целях получения стереоэффекта необходимо точно сохранять положения левого и правого изображений, что требует очень совершенной развертки изображения и хорошей защиты трубки от воздействия внешних магнитных полей.

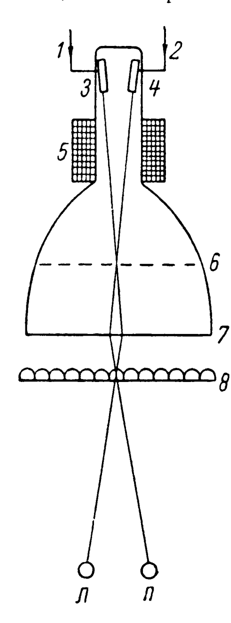


Рис. 40 Конструкция трубки с наружным растровым экраном.

1 и 2 — сигналы от левого и правого изображений; 3 и 4 — левая и правая электронные пушки; 5 — фокусирующе-отклоняющая система; 6 — растровая решетка; 7 — экран трубки; 8 — линзовый экран; Л и П — левый и правый глаз наблюдателя.

Воспроизведение стереокадров может производиться не одновременно, а последовательно во времени. Может иметь место последовательная передача одного стереокадра за другим (левый кадр, затем правый и т. д.) по одному каналу связи и последовательное их воспроизведение или поочередная передача строк левого и правого кадров (первая строка левого кадра, затем первая строка правого кадра, вторая строка левого кадра и т. д.). При последовательной передаче можно применять одну передающую трубку и один объектив (рис. 41,*а*). Два изображения на светочувствительной поверхности одной передающей трубки здесь создаются применением специального призменного или зеркального разделителя. При последовательной

передаче изображений стереопары может быть применено приемное устройство с одной обычной трубкой (рис. 41,*б*), на которой поочередно воспроизводятся изображения стереопары и перед которой синхронно с чередованием изображений вращается диск со светофильтрами.

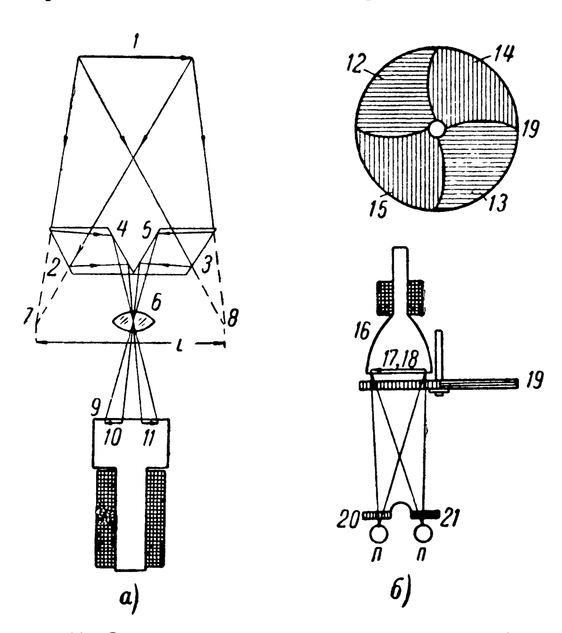


Рис. 41. Схема последовательной передачи объемного телевидения (*а*) и схема разделения левого и правого изображений с помощью вращающегося диска и очков (*б*).

1 — объект; *2, 3, 4* и *5* — отражающие поверхности оптической приставки; *6* — объектив; *7* и *8* — мнимые объекты; *9* — передающая трубка; *10* и *11* — левое и правое изображения на фотокатоде; *12, 13, 14* и *15* — светофильтры (или поляроиды); *16* — приемная трубка; *17* и *18* — левое и правое изображения на экране трубки; *19* — вращающийся диск из светофильтров (или поляроидов); *20* и *21* — очки из светофильтров (или поляроидов); *L* — базис передачи; *Л* и *П* — левый и правый глаз зрителя.

Может быть построена также и цветная стереоскопическая телевизионная установка, так как наличие двух изображений может служить не только для создания стереоэффекта, но и для того, чтобы получить результирующее изображение цветным. Правда, в этом случае цвет изображения будет являться результатом смешения не трех, а двух основных цветов, но в некоторых случаях, несмотря на

ограниченную гамму результирующих цветов, двухцветное смещение цветов оказывается вполне приемлемым.

Для упрощения аппаратуры в передающей камере можно установить одну передающую трубку и проецировать на ее светочувствительную поверхность два изображения — правое и левое рядом. На пути световых лучей образующих одно изображение, можно установить, например, сине-голубой фильтр, а на пути лучей другого изображения — красно-оранжевый фильтр. Наблюдение изображений может осуществляться в приемнике с одной или двумя трубками, однако изображения должны быть прикрыты аналогичными сине-голубым и красно-оранжевым фильтрами. Для раздельного наблюдения изображений может использоваться зеркальный стереоскоп, поляроиды или растровая решетка.

В качестве основных цветов могут быть выбраны любые два дополнительных цвета, наиболее подходящих для воспроизведения изображений объектов с известным преобладанием цветов.

В приемном устройстве может быть использован один трехцветный кинескоп. В одной из прикладных установок такого типа на передающей стороне используются две типовые камеры монохромного телевидения. Система обеспечивает получение стереоскопического изображения путем наблюдения двух совмещенных изображений через очки с красным и зеленым светофильтрами. Усиленный в приемнике выходной сигнал одной из камер подается на «красный» электронный прожектор цветного кинескопа, сигнал с другой камеры подводится к ««зеленому» прожектору той же трубки. Отличительной особенностью системы является полная идентичность и совмещение (с точностью до одного элемента) стереопар на приемном конце. Система сравнительно проста по устройству.

При использовании обычных методов передачи электрических сигналов и сохранения стандартных значений частоты кадров и строк одновременное получение двух изображений требует удвоения полосы частот канала. То же самое наблюдается и при последовательной передаче при сохранении числа строк и числа полей для каждого изображения, ибо общее число полей удваивается.

Сокращение полосы частот может быть осуществлено применением ряда методов, рассматривающихся выше.

Так, например, сокращение полосы частот может быть достигнуто применением наряду с чересстрочной разверт-

кой и чересточечного разложения. Допустим, что за первое поле передаются нечетные элементы нечетных строк левого и правого изображений, за второе поле передаются четные элементы четных строк, за третье передаются четные элементы нечетных строк, а за четвертое поле — нечетные элементы четных строк обоих изображений. Таким образом, в каждом канале изображение передается за четыре поля, что при 50 полях в секунду дает 12,5 кадра. Полоса частот при этом становится равной стандартной для чересстрочного разложения обычного черно-белого телевидения.

Изображения стереопары, как об этом уже говорилось, отличаются одно от другого незначительно. Это свидетельствует о больших возможностях сокращения полосы за счет применения специальных методов передачи.

Желательно получение высококачественного цветного объемного изображения в трех основных цветах. Однако если произвести простое механическое соединение системы объемного телевидения с какой-либо цветной системой, то это потребовало бы расширения полосы частот вдвое по сравнению с полосой обычной трехцветной системы и соответствующего усложнения всего комплекса аппаратуры.

Уменьшение требуемой полосы частот возможно за счет использования особенностей зрения. Эффект бинокулярного смешения позволяет передавать одно изображение в одном цвете, а второе — в двух других. Кроме того, различная острота зрения для световых лучей различной длины волны позволяет передавать «синие» и «красные» сигналы по каналу в ограниченной полосе частот. Наименьшее число смены кадров, при котором еще не видны мелькания изображения (критическая частота мельканий), для синих и красных изображений меньше, чем для зеленых изображений. Таким образом, в канале синего и красного цветов развертку можно производить более медленно. Можно передавать один кадр стереопары (левый, например) в черно-белом виде. При этом может оказаться, что в цветном (правом) кадре стереопары не обязательно надо передавать три сигнала, а можно один из сигналов, например синий, не передавать. Далее, полосы частот для левого и правого кадров стереопары могут отличаться друг от друга, ибо при восприятии объемного изображения четкость его будет определяться четкостью лучшего из кадров стереопары (такова особенность стереоскопического зрения

человека). Все это вместе взятое может привести к значительному сокращению требуемой полосы частот канала связи.

Использование статистических особенностей телевизионного сигнала в новых методах передачи может привести к еще более значительному сокращению полосы частот, а следовательно, и возможности создания высококачественных цветных объемных телевизионных систем не только для прикладных целей, но и для целей вещания.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ЭЛЕКТРОННАЯ КИНЕМАТОГРАФИЯ

Кино и телевидение

В телевидении и в кино, по сути дела, решается одна и та же задача — воспроизведение изображений движущихся объектов. Однако методы и технические средства кино и телевидения различны.

Телевизионные передачи с натуры отличаются от производства и показа кинофильмов прежде всего тем, что изображения на экранах телевизоров создаются практически в то же время, когда соответствующие сцены снимаются телевизионной камерой. Передача изображения в форме электрических сигналов делает возможной коррекцию качества изображения электрическими методами.

Однако одновременность события, передаваемого по телевидению, и его воспроизведения приводят к тому, что художественное или техническое качество телевизионных передач с натуры не может быть определено заранее, и поэтому заблаговременно не может быть внесена необходимая коррекция. Телевизионные передачи с натуры смотрят большое число зрителей одновременно, но только 1 раз, тогда как кинофильм демонстрируется во многих кинотеатрах большое количество раз.

Между телевидением и кино существует тесная связь, которая в дальнейшем будет все более и более развиваться. В телевидении используется технический опыт, накопленный в кинематографии. При телевизионной передаче кинофильмов используют готовые кинофильмы и кинопроекционную технику. В современном телевидении

применяют различные кинотехнические методы консервации (сохранения) телевизионных программ путем записи их на кинопленку в виде специальных телевизионных фильмов. Разновидностями таких фильмов являются фильмы, снятые непосредственно в телевизионных или киностудиях и полученные путем съемки изображений с экрана приемной трубки. Кинопленка во всех случаях является промежуточным носителем передаваемых изображений, а тот или иной метод получения фильма — методом консервации телевизионных программ.

Передачи телевизионных программ, предварительно зафиксированных на пленке, имеют ряд преимуществ. Так, например, интересные и важные события часто происходят не во время телевизионной передачи или же в местах, отдаленных от телевизионных студий, поэтому их необходимо предварительно фиксировать на кинопленке. В телевизионные постановки нередко включают отрывки из кинофильма с целью упрощения технических условий передачи, если невозможно показать некоторые сцены в студии. Кроме того, иногда желательно повторить программу — и не только на данном телецентре, но и в других городах.

При неоднократном использовании для телевизионных передач съемок или записей программ в виде фильмов устраняются затраты на непосредственное повторение участия исполнителей телевизионных программ и, следовательно, устраняются расходы, связанные с эксплуатацией линий связи между городами, ибо телевизионный фильм можно переслать в любое место. Поэтому нет необходимости в применении дорогостоящих телевизионных съемочных камер и их обслуживании.

Консервация телевизионных программ может быть также произведена путем записи телевизионных электрических сигналов на магнитную ленту. Этот метод записи является весьма перспективным.

Кинотехника не только влияет на развитие телевизионной техники, но и сама подвергается влиянию телевидения. Примерами такого влияния являются: телевизионная передача кинофильмов в кинотеатры или специальные театры, в которых осуществляется проекция принятых по радио телевизионных изображений на большой экран; использование в киносъемочных аппаратах телевизионного электролучевого видоискателя, обеспечивающего контроль качества изображения непосредственно при киносъемке;

производство в киностудиях специальных телевизионных фильмов, а в дальнейшем — переход на электронный метод производства кинокартин.

Электронный метод производства кинокартин характеризуется заменой киносъемочных камер системой специальных электронных камер и записью телевизионных изображений.

При электронном методе производства кинокартин принципиально могут быть использованы различные способы записи изображения и звука, но наибольшее значение имеют киносъемка изображений с экрана кинескопа и магнитная запись.

В настоящее время телевизионные изображения еще значительно уступают по своему качеству кинематографическим. Они не имеют той разрешающей способности, контрастности, яркости, сопровождающего стереофонического звучания, которые присущи изображениям в кинотеатре, поэтому и их запись не обладает еще должным качеством. Но по мере развития телевизионной техники разница между качеством телевизионного показа и кинопоказа будет все более уменьшаться, так что записи телевизионных программ смогут с успехом заменить кинофильмы.

Запись телевизионных изображений с экрана кинескопа на кинофотопленку

Запись телевизионных изображений с экрана воспроизводящего телевизионного прибора производится фотографически с помощью киносъемочного аппарата. В отличие от обычного фотографирования здесь не происходит одновременного фотографирования отдельных элементов изображения объектов. На экране кинескопа в каждый данный момент существует лишь малое световое пятно изменяющейся яркости; это пятно быстро перемещается по экрану в соответствии с законом развертки.

Для записи телевизионных программ с экрана кинескопа необходимо согласовать действия киносъемочного аппарата с циклом телевизионной развертки. Время остановки и передвижения кинопленки в обычном киносъемочном аппарате не соответствует времени развертки телевизионного кадра и времени обратного хода электронного луча между отдельными телевизионными полукадрами. Для нормальной экспозиции всего телевизионного кадра необходимо, чтобы съемочное окно освещалось во время

разложения обоих телевизионных полей. На протягивание пленки при этом условии отводится лишь время обратного хода одного из полей, т. е. около 1 *мсек.* Это время примерно в 20 раз меньше времени протягивания пленки в обычных кинопроекторах. Следовательно, обычная киносъемочная камера, работающая синхронно с кадровой разверткой, не позволяет записать целиком все изображе-

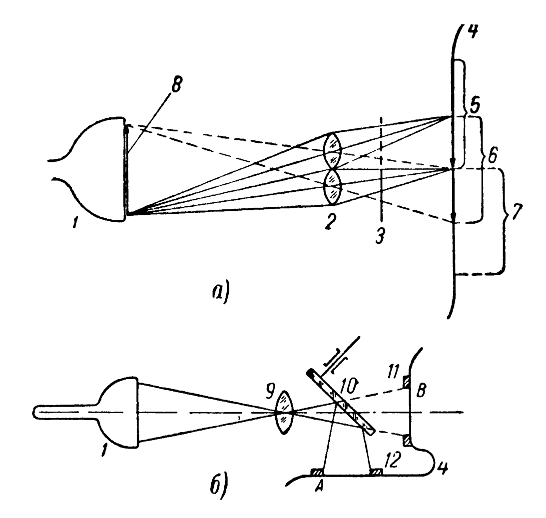


Рис. 42. Схемы записи телевизионного изображения с применением двойной оптики на непрерывно движущуюся кинопленку (*а*) и киносъемки с измененным расположением снимаемых кадров (*б*).

1 — записывающая электронно-лучевая трубка; *2* — двойная оптика; *3* — попеременно действующие обтюраторы; *4* — кинопленка (непрерывное и синхронизированное движение); *5* — кинокадр; *6* — положение кинокадра через $^1/_{50}$ *сек*; *7* — положение кинокадра через $^1/_{25}$ *сек*;; *8* — изображение в $^1/_2$ нормальной высоты; *9* — объектив; *10* — обтюратор; *11* и *12* — ограничивающие рамки; *А* и *В* — съемочные окна.

ние с экрана кинескопа. Для устранения этого недостатка были разработаны различные системы киносъемки телевизионных изображений.

Имеются два вида записи: запись телевизионных изображний при непрерывном движении кинопленки и запись при прерывистом движении кинопленки.

Системы с непрерывным движением пленки принципиально не отличаются от систем телекинопередатчиков с разверткой бегущим лучом. На рис. 42,*а* приведена схема за-

писи изображений с разверткой бегущим лучом при наличии двух объективов.

На экране кинескопа создается телевизионное изображение половинной высоты, т. е. с отношением сторон 8 : 3. С этого искаженного растра попеременно проецируется на кинопленку изображение, полученное с помощью одного из объективов. Объективы расположены таким образом, что если бы оба объектива давали на кинопленке одновременно два изображения, последние располагались бы по высоте рядом, вплотную друг к другу.

Движение кинопленки с постоянной скоростью, синхронизированное с частотой кадровой развертки, происходит таким образом, что за 1/25 *сек* (время развертки обоих полукадров) кинопленка перемещается на высоту одного кинокадра. Благодаря применению попеременно действующих обтюраторов один полукадр записывается на кинопленке только через верхний объектив, а другой полукадр — только через нижний объектив.

Вследствие сложения вертикального хода пишущего светового пятна на экране кинескопа с вертикальным движением кинопленки на последней образуется изображение с правильным соотношением сторон — 4 : 3. В результате попеременного раскрытия обоих затворов фиксация осуществляется таким образом, что строки одного полукадра вписываются между строками другого полукадра.

Данный метод киносъемки телевизионных изображений предъявляет высокие требования к точности оптических и механических деталей и дает хорошие результаты тогда, когда экран трубки обладает малым временем послесвечения.

Более сложными методами записи является запись изображений с оптическим выравниванием движения кинопленки. Здесь с помощью оптического устройства (например, в форме вращающихся зеркал) достигается неподвижность фотографируемого изображения относительно движущейся кинопленки. После того как будет экспонирован участок кинопленки, соответствующий одному кинокадру, оптическое выравнивающее устройство возвращается в исходное положение, затем экспонируется «остановленный» участок кинопленки, отвечающий другому кинокадру. При этом требуется чрезвычайно высокая точность оптико-механических частей аппаратуры; погрешности при записи должны быть меньше ширины строки.

Существенные недостатки систем киносъемки телеви-

зионных изображений с равномерным движением пленки являются причиной того, что в настоящее время основное внимание уделяется системам с прерывистым движением пленки.

При прерывистом скачкообразном движении кинопленки полная запись полного кадра телевизионного изображения возможна только в том случае, если передвижение кинопленки осуществляется за время обратного хода электронного луча кадровой развертки или используется послесвечение экрана кинескопа.

При использовании первого метода передвижение кинопленки на расстояние высоты одного кадра осуществляется в каждый второй промежуток времени гашения электронного луча кадровой развертки (приблизительно за 1,2 *мсек*). За это время необходимо осуществить ускорение, движение и торможение кинопленки. Практически этот метод может быть применен только для записи на узкой кинопленке, обладающей малой величиной перемещаемой массы и незначительной высотой кинокадра.

Полная информация, заключающаяся в телевизионном изображении, может быть зафиксирована также тогда, когда время передвижения кинопленки больше времени обратного хода электронного луча по кадру, если использовать эффект послесвечения экрана. При достаточно длительном времени послесвечения информация за время передвижения кинопленки не теряется.

Эффект послесвечения люминофора приводит к затуханию яркости изображения в течение первого полукадра, когда обтюратор закрыт, и к уменьшению экспозиции, соответствующей элементам изображения по ходу развертки второго полукадра при открытом обтюраторе. Поэтому в телевизионный сигнал вводятся дополнительные подсвечивающие импульсы. При использовании дополнительного сигнала коррекции в форме подсвечивающих импульсов несколько понижается передаваемый диапазон контрастности и тем самым ухудшаются характеристики записи полутонов.

С целью предотвращения этого недостатка предложено производить «гашение» послесвечения во время обратного хода электронного луча инфракрасным светом. Это дает возможность уменьшить величину подсвечивающих импульсов и увеличить продолжительность послесвечения экрана без опасности смазывания изображений движущихся объектов.

Более сложной является задача выравнивания экспозиции отдельных элементов обоих полукадров с помощью подсвечивающих импульсов, которые, повышая яркость отдельных элементов изображения, тем самым понижают их резкость. Однако применением хорошей электронной оптики и высокого рабочего напряжения кинескопа этот недостаток может быть доведен до минимума.

Достоинством метода записи с послесвечением является то, что при нем записывается целиком все изображение при длительном времени передвижения кинопленки, соответствующем времени развертки одного полукадра.

Находит применение запись телевизионного изображения при прерывистом движении кинопленки и неполном использовании телевизионного сигнала. Если время передвижения кинопленки превышает время обратного хода электронного луча вертикальной развертки, а послесвечение экрана имеет малую длительность сравнительно с периодом развертки, то в некоторых интервалах времени фиксации телевизионного изображения не происходит. Образующееся на кинопленке изображение уже не содержит всех деталей обоих полукадров.

Предотвратить потерю информации при прерывистом движении пленки можно за счет изменения порядка расположения снимаемых на пленке кадров. На рис. 42,*б* приведена схема одной из таких установок. Здесь телевизионное изображение проецируется либо в съемочное окно *А*, либо в съемочное окно *В*. Переключение изображений осуществляется обтюратором, представляющим собой зеркальный полудиск. Последний вращается вокруг своей оси со скоростью 12,5 *об/сек*. Ось обтюратора расположена под углом 45° к оптической оси объектива. Пленка перемещается последовательно мимо обоих съемочных окон.

Когда на пути лучей света, посылаемых объективом, находится вырез обтюратора, телевизионное изображение с экрана кинескопа проецируется на участок пленки, находящийся в съемочном окне *А*. Следующий телевизионный кадр записывается на участке пленки, находящемся в съемочном окне *В*, так как на пути световых лучей находится теперь зеркальная лопасть обтюратора. В это время участок пленки, находящийся у съемочного окна *А*, продвигается на расстояние двойной высоты кадра. Третий телевизионный кадр фиксируется в съемочном окне *А*. Пленка у съемочного окна *В* в это время продвигается на двойную высоту кадра. Петля пленки между съемочными

окнами рассчитывается так, чтобы кадры, экспонируемые в съемочном окне *B*, попадали в промежутки между кадрами, экспонируемыми в окне *A*. Для получения нормального фильма с правильным расположением кинокадров необходима покадровая печать, что сложно и дорого.

Условия киносъемки могут быть значительно облегчены, если подлежащие записи телевизионные изображения предварительно электрическим путем преобразовать так, чтобы на продвижение пленки отводился бы больший, чем в обычных условиях, промежуток времени. В этом случае во избежание потерь информации телевизионные сигналы необходимо уплотнить во времени: информация, которая в обычных условиях передается за время прямого хода луча для двух телевизионных полукадров, должна передаваться за меньшее время.

Одним из путей решения задачи является преобразование стандарта разложения. Для этих целей могут быть использованы специальные перезаписывающие электроннолучевые трубки.

Другой способ заключается в применении временной задержки телевизионных сигналов одного из полей на время полукадра. В этом случае за время одного полукадра экспонируется все телевизионное изображение, а за время другого осуществляется перемотка кинопленки.

Более сложной является проблема записи на кинопленку цветных телевизионных программ. Цветные телевизионные изображения можно записывать на одну цветную кинопленку или на три черно-белые.

Обычно запись цветных телевизионных изображений ведется с трех экранов или с экрана одной цветной трубки на трех отдельных черно-белых кинопленках. В случае записи с экрана цветной трубки используется специальная расщепительная оптическая система, так что каждое из трех изображений падает на кинопленку, соответствующую ему по спектральной чувствительности.

Существует метод записи цветных телевизионных изображений на линзово-растровую пленку с черно-белой светочувствительной эмульсией через цветоразделяющий фильтр, расположенный перед объективом съемочной камеры. Здесь используется цветоделенная фотография по методу растровой пленки, принцип которой показан на рис. 43.

Линзово-растровая 35-*мм* кинопленка имеет очень узкие цилиндрические линзы, выдавленные в ее прозрачной

основе. Эти линзы составляют растр. Каждая линза располагается по всей ширине пленки. Таких линз насчитывается по 52 на каждый миллиметр длины пленки. Пленка заряжается в съемочную камеру основой к объекту. Световой поток, перед тем как попасть на светочувствительный слой пленки, должен предварительно пройти через линзово-растровый слой.

При съемке применяется специальный цветной зональный фильтр, который надевается на объектив. Зональный

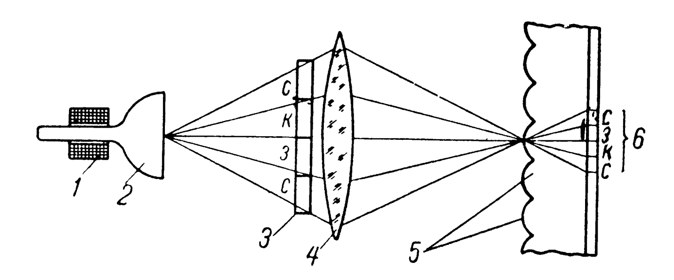


Рис. 43. Цветоделенная фотография по методу растровой пленки.

1 — фокусирующе-отклоняющая система; *2* — цветная электронно-лучевая трубка; *3* — полосовой фильтр; *4* — объектив камеры; *5* — растровые чечевицы; *6* — цветоделенные изображения.

фильтр распределяет световой поток, проходящий через объектив. Фильтр составлен из ряда светофильтров в форме полосок, расположенных параллельно растровым линзам основы пленки.

Изображение объекта, подлежащего съемке; проецируется объективом внутрь линзово-растровой основы пленки. В целях наглядности световой поток на рис. 43 показан проходящим только через одну растровую линзу. В действительности по высоте кадра расположено не менее 390 таких линз, причем каждая из них формирует самостоятельное цветоделенное изображение, пропускаемое соответствующей зоной фильтра. Оптическое изображение снимаемого объекта разбивается на некоторое число горизонтальных полос, причем каждая из этих полос дополнительно разбивается на красную, зеленую и синюю составляющие. Все три цветоделенных изображения фиксируются на пленке в виде черно-белых изображений на одном и том же кадре.

Телевизионная передача изображения полученного кинофильма на линзово-растровой пленке может вестись по

методу бегущего светового пятна с оптическим расщеплением на три изображения и с посылкой соответствующих световых потоков на три фотоэлектронных умножителя. В передающей камере эмульсионная сторона линзо-растровой пленки обращена к экрану развертывающей трубки. Световой поток, пропущенный черно-белым изображением, формируется растровыми линзами в световые пучки, отвечающие световым пучкам, которые имелись в устройстве записи.

Для телевизионной передачи с растровой пленки могут быть использованы и другие методы.

По сравнению с другими методами записи на одной пленке растровый метод имеет то преимущество, что он обеспечивает должное постоянство относительного расположения трех цветоделенных негативов независимо от усадки кинопленки и других причин.

Запись телевизионных сигналов на магнитную ленту

Одним из перспективных видов консервации телевизионных программ является запись электрических телевизионных сигналов на магнитную ленту. Сущность этого метода состоит в том, что изменение величины видеосигнала во времени регистрируется вдоль длины ферромагнитного материала (носителя) в виде изменения остаточного намагничивания. Сохраняясь неограниченно долгое время, запись может быть по желанию воспроизведена с помощью устройства, аналогичного записывающему, подобно тому как это имеет место при магнитной записи звуковых сигналов.

По сравнению с фотографической съемкой изображения запись электрических сигналов имеет существенные преимущества, определяющие целесообразность развития и практического внедрения этих методов. К числу преимуществ рассматриваемого метода относится прежде всего устранение фотохимических процессов, связанных с обработкой и копировкой светочувствительного материала. Тем самым экономится время и уменьшаются затраты на производство записи. В записывающем устройстве отсутствуют сложные оптические элементы. Одна и та же пленка после стирания прежней записи может быть использована для новых записей. Программы, записанные на ферромагнитных лентах, легко могут быть размножены с помощью двух записывающих аппаратов.

При проведении магнитной записи не нужны светонепроницаемые съемочные аппараты, возможен весьма оперативный контроль качества записанного материала, ибо контрольное воспроизводящее устройство является составной частью записывающего аппарата и сдвиг во времени между записью и воспроизведением может составлять малые доли секунды. Магнитная запись в отличие от кинофильма удобна тем, что при воспроизведении не требуется новых промежуточных телевизионных преобразований изображения, ибо воспроизводимая запись преобразуется непосредственно в видеосигналы, подводимые далее к приемному воспроизводящему устройству.

В будущем при развитии этого метода возможно будет осуществлять запись телевизионных программ с помощью домашних аппаратов, аналогичным магнитофонам, подключаемых параллельно приемной трубке. Наконец, возможно, что будущие кинотеатры смогут снабжаться по проводам сигналами изображений, передаваемых с центрального воспроизводящего пункта, т. е. без транспортировки фильмов, и воспроизводиться телевизионными аппаратами с большим экраном.

Рассмотрим устройство простейшей системы записи и воспроизведения видеосигналов. Схема записывающего аппарата представлена на рис. 44,*а*. С подающей кассеты с помощью лентопротяжного механизма протягивается в приемную кассету носитель записи — ферромагнитная проволока, лента и т. п. Носитель изготовлен из материала, способного сохранять остаточное намагничивание (или покрыт таким материалом). Наибольшее распространение получили носители в виде ленты, изготовленной из ацетилцеллюлозы, толщиной порядка 20—50 *мк*, покрытой порошкообразным ферромагнитным слоем окиси железа (Fe_2O_3) или магнетита (F_2O_4). В процессе изготовления ленты ферромагнитный порошок с диаметром зерен порядка 0,1 *мк* разводится в лаке и наносится на основу.

Лента движется с равномерной скоростью и на некотором участке проходит область, где действует переменное магнитное поле, создаваемое электромагнитом. Этот электромагнит, состоящий из незамкнутого кольцевого ферромагнитного сердечника из магнитно-мягкого материала высокой проницаемости и обмотки, называется головкой записи (или воспроизведения).

По обмотке головки протекает ток видеосигнала, поэтому мгновенное значение напряженности магнитного поля

в зазоре сердечника головки пропорционально мгновенному значению видеосигнала, и закон изменения напряженности поля соответствует закону изменения величины видеосигнала. В процессе записи каждый элемент носителя подвергается намагничиванию в соответствии с мгновенным значением напряженности поля в зазоре (точнее — в соответствии со средним значением напряженности поля рассеяния вблизи зазора).

После выхода из области, где действует поле, в магнитных элементах носителя сохраняется остаточное намагничивание (рис. 44,*б*), величина которого приблизительно пропорциональна напряженности намагничивающего поля.

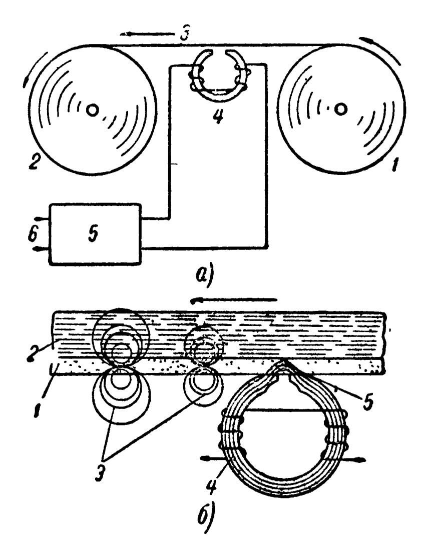


Рис. 44. К пояснению принципа записи сигналов изображения на магнитную ленту.

а — основные детали аппаратуры (*1* — подающая кассета; *2* — принимающая кассета; *3* — магнитная лента; *4* — записывающая головка; *5* — усилитель сигналов изображения; *6* — вход сигналов изображения): *б* — к пояснению действия магнитной головки (*1* — магнитный слой ленты; *2* — основа; *3* — силовые линии остаточного магнитного поля; *4* — записывающая головка; *5* — пишущее магнитное поле)

Воспроизведение сигналов осуществляется устройством, аналогичным записывающему. В подающей кассете помещается лента, на которой осуществлена магнитная запись. Лента равномерно протягивается из подающей в приемную кассету и на пути между кассетами проходит мимо воспроизводящей головки, сходной по конструкции с записывающей.

Вокруг ферромагнитного носителя за счет остаточного намагничивания существует внешнее магнитное поле. Силовые линии поля при движении ленты пересекают обмотку и в ней индуктируется э. д. с., пропорциональная остаточной индукции. Так как остаточная индукция меняется по длине ленты по закону изменения видеосигнала во времени, то индуктированная э. д. с. пропорциональна записанному видеосигналу.

Магнитная запись может быть уничтожена с помощью специальной стирающей головки. Один из методов стирания заключается в том, что с помощью сильного поля постоянного магнита доводят носитель до насыщения. Все переменные остаточные индукции при этом доводятся до максимального значения, а затем с помощью постоянного поля с напряженностью другого знака эта остаточная индукция доводится до нуля.

Для того чтобы запись правильно отображала закон изменения видеосигнала, нужно, чтобы за время перемещения ленты в области, где действует магнитное поле рассеяния записывающей головки, видеосигнал практически не изменялся. Сопоставив размеры области действия поля с промежутком времени, в течение которого видеосигнал остается постоянным, можно найти необходимую скорость перемещения носителя.

Положим, например, что протяженность поля составляет 0,1 *мм*. Можно считать, что видеосигнал остается неизменным в течение полупериода высшей частоты. Если принять последнюю за 5 *Мгц*, то длительность полупериода составит 0,1 *мксек*. Значит, скорость ленты должна достигать практически неосуществимого значения 1 *км/сек* и для пятиминутной записи потребовалась бы 300-километровая лента.

Таким образом, основная проблема, возникающая при практической реализации идеи записи видеосигналов на магнитной ленте, сводится к уменьшению скорости движения носителя. Эта проблема в разработанных аппаратах решается двумя путями: во-первых, за счет уменьшения воздушного зазора в сердечниках головок и, во-вторых, путем использования ленты не только по длине, но и по площади, т. е. проведением записей, простирающихся в направлении ширины ленты.

В одной из практически осуществленных систем запись производится не по длине ленты, а по ширине, с помощью четырех головок, укрепленных на одинаковом угловом расстоянии друг от друга на вращающемся диске-роторе (рис. 45). Благодаря относительному перемещению ленты и ротора запись на ленте сходна со строчной разверткой в телевидении (конечно, за исключением возврата в исходное положение, по окончании кадра).

Когда первая головка сходит с ленты, осуществив запись, следующая головка начинает запись с противоположного края ленты и т. д. В системе употребляется очень ши-

рокая лента — 50,8 *мм.* Запись видеосигналов занимает бо́льшую среднюю часть ленты. На краях ленты (вдоль нее) записываются синхронизирующие сигналы и звук.

Скорость перемещения ленты составляет всего 0,381 *м/сек,* т. е. имеет такой же порядок, как и при обыкновенной звукозаписи. Благодаря малой скорости ленты на рулоне диаметром около 320 *мм* может быть размещена

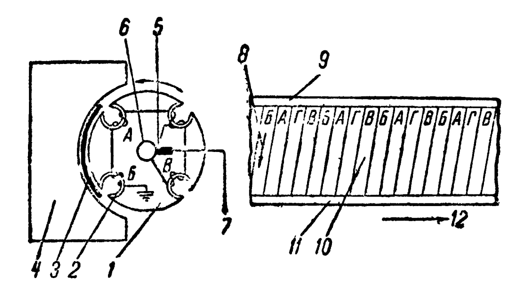


Рис. 45. Схема строчной записи сигналов движущихся изображений на широкую магнитную ленту в поперечном направлении.

1 — диск, *2* — одна из магнитных головок; *3* — магнитная лента; *4* — вакуумный присос; *5* — щетка; *6* — контактное кольцо; *7* — вход сигналов изображения; *8* — направление записи сигналов изображения, *9* — запись сигналов звукового сопровождения; *10* — запись сигналов изображения; *11* — запись управляющих сигналов; *12* — направление движения магнитной ленты

программа, которая непрерывно воспроизводится в течение 64 *мин.* Это является большим достоинством системы.

За счет вакуумного присоса лента изгибается так, что образует цилиндрическую поверхность, и диск с головками получает возможность соприкасаться с лентой. Диск делает большое число оборотов — 14 400 в минуту. Вращение диска осуществляется отдельным быстроходным электродвигателем, делающим 240 *об/сек.*

Так как диск имеет четыре головки, то ежесекундно на ленту записывается 960 полос.

При записи все четыре головки диска присоединены к выходу усилителя видеосигналов. При воспроизведении головки к входу видеоусилителя подключаются поочередно с помощью специального электронно-лампового коммутатора.

В данной системе выполнено условие обязательной записи и воспроизведения одной и той же головкой соседних перемежающихся строчек с целью устранения влияния

различия между разными головками на качество воспроизводимого изображения. Для удовлетворения этого требования диск должен совершать целое число оборотов за время одного полукадра.

Если диск делает 240 *об/сек*, то при 60 перемежающихся полукадрах одному перемежающемуся полукадру будет соответствовать 4 оборота диска, а так как имеются четыре головки, то видеозапись будет осуществлена 16 полосами на ленте и каждая головка будет 4 раза участвовать в записи одного полукадра на ленту. Следовательно, на одну полосу на ленте будет записано $\frac{525}{2 \cdot 16} = 16\frac{13}{32}$ строчек телевизионного разложения. Таким образом, целого числа не получается, поэтому в системе применено дополнительное пересчетное устройство, которое работает следующим образом. Оно отсчитывает 16 полных строчек. Если переход должен осуществиться где-то на 17-й строчке, то устройство позволяет до конца воспроизвести всю 17-ю строку перемежающейся развертки и вынести переход с полосы на полосу за пределы телевизионного кадра, осуществив переход во время строчного гасящего импульса. Таким образом, 17-я строчка вся целиком будет передана хорошо. Переход с полосы на полосу, перенесенный за пределы кадра, не будет виден на изображении. Если бы каждый раз переход с полосы на полосу осуществлять через 17 строчек, а не через $16\frac{13}{32}$, как это требуется, то излишки в $\frac{19}{32}$ строчки суммировались бы. Чтобы этого не происходило, пересчетное устройство должно отсчитывать то 17 строчек, то 16 и притом отсчитывать так, чтобы переход всегда осуществлялся за пределами кадра.

Так как на одну полосу на ленте приходится при воспроизведении различное количество строчек телевизионного изображения, то при записи часть строчек, записываемых на концах одной полосы одной головкой, должна быть повторена соседними головками соответственно в начале следующей или в конце предыдущей полосы.

Каждая головка диска, находясь в механическом контакте с лентой, описывает дугу около 120°. Диаметр диска составляет около 49 *мм*. Ширина дорожки синхронизирующих сигналов и ширина магнитной записи звукового сопровождения на краях ленты составляют по 2,54 *мм*. Таким

образом, полная длина полосы видеозаписи на ленте — 45,72 *мм*. Скорость перемещения магнитной ленты относительно головки здесь большая — около 37 *м/сек*. Номинальная полезная длина полосы на ленте соответствует повороту диска с головками на 90°, т. е. 38,1 *мм*, а запись одной строки телевизионного изображения занимает на ленте вдоль полосы отрезок длиной около 2,3 *мм*.

За счет большой скорости движения головки относительно ленты длина волны записи низких частот видеосигнала получается большой, что связано с подавлением низких частот при воспроизведении. Между тем в системе нет разделения воспроизведения низких и высоких частот и весь частотный диапазон видеосигнала воспроизводится одной и той же головкой. Во избежание ухудшения передач низкочастотных составляющих видеосигнала здесь производится дополнительная частотная модуляция видеосигналов при записи и их демодуляция при воспроизведении. Благодаря этому на ленту записывают преобразованный видеосигнал, который передается полосой от 500 *кгц* до 5,5 *Мгц*.

Лента в этой системе движется в горизонтальном направлении. С подающей кассеты через направляющие ролики она проходит мимо вакуумного присоса, где осуществляется механический контакт с диском головок, которые используются и для видеозаписи и для воспроизведения. Полосы видеозаписи располагаются по всей ширине ленты, от кромки до кромки. Далее лента вновь становится плоской и при записи проходит мимо головки стирания, расположенной на краю ленты, которая стирает видеозапись с дорожки, предназначенной для записи звукового сопровождения. После головки стирания в направлении по ходу ленты имеется универсальная головка для записи и воспроизведения звука. Против этой головки на другом краю ленты расположена еще одна универсальная головка для записи и воспроизведения синхронизирующих сигналов. Предварительное стирание видеосигналов с дорожки не производится, и потому происходит наложение записи синхронизирующих сигналов на видеозапись. Далее лента проходит мимо направляющих роликов и наматывается на приемную кассету.

Получение высококачественной записи и воспроизведения телевизионных изображений в описываемой системе стало возможным благодаря разработке новой магнитной ленты, специально предназначенной для этого метода. Основное отличие этой ленты от обычных магнитофонных

лент заключается в том, что магнитные частицы в ней ориентированы не вдоль ленты, а поперек, в направлении движения головок при записи и воспроизведении. Такая ориентация частиц позволяет получить хорошее отношение сигнала к шуму в видеосигнале. Большое значение имеет точное расположение склеиваемых лент. Для обеспечения точности склейки на ленте создаются монтажные маркирующие импульсы. Вначале предполагалось, что магнитные ленты можно склеивать, а записи размножать так же, как магнитные фонограммы. Однако оказалось, что хорошее качество воспроизведения изображения можно получить в том случае, если пользоваться тем же видеомагнитофоном и тем же диском головок, что и при видеозаписи. Это объясняется тем, что головки должны быть установлены с очень большой точностью на окружности диска. Допуск на точность установки головок на окружности дисков не должен превышать 10 *мк,* что является чрезвычайно трудно выполнимым условием.

Системы поперечно-строчной записи наиболее пригодны для массового применения, так как они обладают высокой разрешающей способностью (до 400 строк). Линейная скорость движения носителя записи у них ниже, чем у других систем, и почти такая же, как при записи звука. Применение метода частотной модуляции позволяет в этих системах значительно снизить взаимное влияние соседних магнитных дорожек и довести расстояние между ними до 0,125 *мм.*

Системы продольно-строчной записи обладают тем преимуществом, что имеют малую линейную плотность записи и сравнительно низкую линейную скорость движения носителя записи. Эти характеристики могут быть еще более улучшены. Недостатком этих систем является большое влияние незначительных перекосов носителя на качество воспроизведения. Поэтому магнитные дорожки здесь широкие.

В одной из установок для магнитной записи изображений, разработанной в Советском Союзе, используется поперечно-строчная запись четырьмя магнитными головками. Особенностью каналов записи и воспроизведения является применение записи видеосигнала на несущей частоте. Использование несущей частоты устранило затруднения в воспроизведении низких частот. Кроме того, применение частотной модуляции несущей частоты видеосигналом позволило существенно уменьшить помехи из-за паразит-

ной амплитудной модуляции, являющейся неизбежным следствием магнитной неоднородности ленты, нарушения контакта между головкой и лентой и неравномерностью движения магнитной ленты.

Особенностью системы частотной модуляции, использованной в аппаратуре, является низкое отношение несущей частоты к верхней модулирующей частоте видеосигнала. При полосе видеоканала 2,3 *Мгц* мгновенная частота модулированного колебания, соответствующая уровню синхроимпульсов, составляет 2,85 *Мгц,* а уровню «белого» соответствует частота 3,75 *Мгц*.

В другой из советских установок запись производится диском с четырьмя головками, вращающимися поперек магнитной ленты шириной 70 *мм,* движущейся со скоростью 380 *мм/сек.*

Серийное производство отечественных видеомагнитофонов намечается начать в 1962 г. В 1961 г. опытная эксплуатация этой аппаратуры началась на Московском и Ленинградском телецентрах.

Запись телевизионных сигналов на термопластическую ленту

Во многих лабораториях различных стран непрерывно проводятся работы по совершенствованию записи телевизионных сигналов на магнитную ленту. Эти работы направлены на расширение полосы частот записываемых сигналов, увеличение плотности записи и времени считывания, уменьшению габаритов аппаратуры и т. п. Наряду с этими работами производятся исследования с целью разработки новых методов записи и воспроизведения электрических сигналов. Разрабатываются методы записи с помощью электронного луча, электрической поляризации и др.

В одном из исследуемых методов записи модулированный видеосигналом электронный пучок облучает тонкую пластмассовую пленку. Под воздействием электронов изменяется плоскость поляризации поляризованного света, что и используется при оптическом считывании записи.

В другом методе электронный пучок облучает пленку магнитного материала, равномерно намагниченную перпендикулярно своей плоскости. Электронный луч нагревает малый участок пленки до температуры, при которой сильномагнитные материалы (ферромагнетики) превращаются в слабомагнитные материалы (парамагнетики). Таким образом, под воздействием электронного пучка уничто-

жается первоначальное намагничивание. Когда участок остывает, то соседние участки перемагничивают его в обратном направлении. При считывании записи может быть использовано вращение плоскости поляризации электромагнитной волны в магнитном поле. Могут быть использованы методы, применяемые в электронных микроскопах отражательного типа.

Весьма перспективной с точки зрения расширения полосы частот и повышения плотности записи считают запись электронным лучом на сегнетоэлектрике. Однако для этого метода не найден способ непосредственного считывания записи с созданием электрического сигнала.

Исключительно многообещающей является запись электрических сигналов на термопластическую ленту. Для изготовления ленты используется термопластическая пластмасса. В отличие от термореактивных пластмасс термопластические пластмассы (или термопластики) не теряют способности плавиться при вторичном нагревании и охлаждении. Термопластическими пластмассами являются: целлулоид, полистирол, полиэтилен, полихлорвинил, полиметилметакрилат, фторпласт и др. Допустимые рабочие температуры для большинства термопластиков колеблются в пределах от 40 до 100°.

Впервые аппаратура для записи телевизионных сигналов на термопластическую ленту была продемонстрирована в январе 1960 г. в Нью-Йорке.

Метод термопластической записи является дальнейшим развитием метода, используемого в описанной выше системе «Эйдофор» (см. стр. 72). Принцип действия системы записи сигналов на термопластической ленте и воспроизведения телевизионных изображений показан на рис. 46.

Для записи используется трехслойная лента, основание которой изготовляется из пластмассы с высокой температурой плавления. На основание наносится прозрачное проводящее покрытие, а на покрытие — тонкая пленка (толщиной около 12 *мк*) термопластического материала с низкой температурой плавления.

Телевизионный сигнал подводится к аппарату от обычной телевизионной камеры. Запись сигнала производится с помощью электронного пучка, модулированного по интенсивности сигналом изображения. Электронный луч, создаваемый специальным электронным прожектором, обегает поверхность пленки по закону телевизионной развертки и оставляет на пленке отрицательные электрические заря-

ды, пропорциональные видеосигналу. Развертка электронного пучка по строке осуществляется за счет электростатического отклонения, а развертка по кадру — за счет перемещения пленки, перематываемой с одной катушки на другую.

После облучения электронным пучком пленка проходит мимо специального высокочастотного подогревателя, имеющего форму ролика. При достижении точки плавления легкоплавкого термопластика электростатические силы притяжения между отрицательными зарядами, принесенными на пленку электронным пучком, и положительно заряженным проводящим слоем вызывают понижение уровня размягченного термопластика до тех пор, пока эти силы не придут в равновесие с силами поверхностного натяжения и гидростатического давления, стремящимися восстановить уровень поверхности.

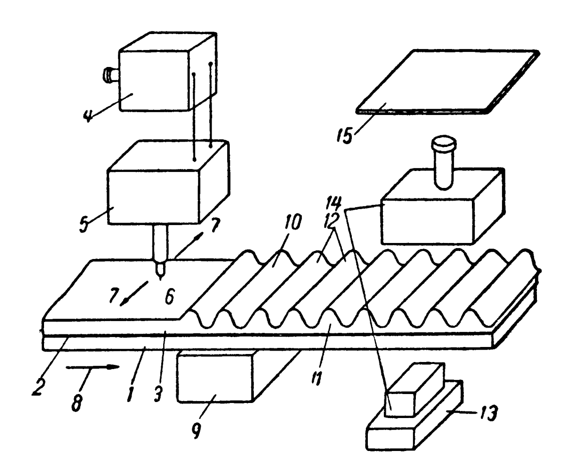


Рис. 46. Блок-схема установки для записи телевизионных сигналов на термопластической ленте.

1 — подложка; *2* — проводящий слой; *3* — термопластическая пленка; *4* — телевизионная камера; *5* — электронный преобразователь; *6* — электронный пучок; *7* — направления движения электронного пучка; *8* — направление движения пленки; *9* — устройство для высокочастотного нагрева; *10* — жидкая пленка; *11* — твердая пленка; *12* — канавки; *13* — источник света; *14* — оптическая система; *15* — светорассеивающий экран.

При дальнейшем движении деформированный жидкий («проявленный») участок пленки выходит из зоны действия высокочастотной печи, охлаждается за счет передачи

тепла к подложке и пленка отвердевает. Деформация пленки оказывается как бы замороженной.

Время деформации пленки в расплавленном состоянии занимает несколько миллисекунд, а длительность нагрева составляет около одной сотой доли секунды. Таким образом, процесс записи и «проявления» требует около 0,01 *сек*.

Заметим, что некоторые термопластические материалы сохраняют созданный на их поверхности потенциальный рельеф в течение нескольких дней. Это дает возможность в случае надобности производить проявление и закрепление через длительный отрезок времени после записи.

Термопластическая запись может быть уничтожена, а пленка использована для записи многократно — несколько тысяч раз. Стирание записи осуществляется путем нагрева пленки до более высокой температуры, чем при «проявлении». При этом происходят выравнивание поверхности пленки за счет поверхностного натяжения расплавленной пленки и стекание зарядов с нее благодаря повышению ее проводимости. Важно заметить, что если ограничить ту область, где существует высокочастотное разогревающее термопластик поле, то можно получить местное стирание на небольших участках — площадью в несколько тысячных квадратного миллиметра.

При развертке электронным пучком строки создается узкая полоса зарядов. После нагревания и охлаждения на этом месте пленки образуется канавка. При развертке электронным пучком всего кадра изображения на поверхности термопластической пленки в тех местах, куда луч приносит заряды, образуется ряд параллельных канавок. Глубина канавок определяется амплитудой сигнала, т. е. величиной принесенного заряда. С изменением величины сигнала меняется плотность электронного пучка, а следовательно, и глубина канавок.

Воспроизведение записи осуществляется с помощью специальной оптической системы, аналогичной системе «Эйдофор» (рис. 21). Отличие заключается в том, что вместо деформированной поверхности масляной пленки здесь используется термопластическая пленка. Так же как и в системе «Эйдофор», свет от постороннего источника света постоянной интенсивности, пройдя через щели решетки из непрозрачных параллельных стержней, попадает на конденсор, который направляет изображение светлых по-

лос, образовавшихся с помощью решетки, на систему непрозрачных стержней, образующих вторую решетку. Термопластическая пленка расположена между конденсором и второй решеткой. Плоскости обеих решеток и термопластической ленты взаимно параллельны.

Если между конденсором и второй решеткой находится недеформированная пленка (неподвергшаяся воздействию электронного пучка), то прямолинейность распространения света не нарушается и полосы света попадают как раз на непрозрачные стержни второй решетки и проекционный экран остается темным. При наличии канавок в проецируемом участке термопластической ленты последние искривляют пути световых лучей, притом тем сильнее, чем глубже канавка. В результате часть световых лучей проходит сквозь щели второй решетки и собирается проекционным объективом на экране в точке, соответствующей положению деформированного участка на проецируемом кадре пленки.

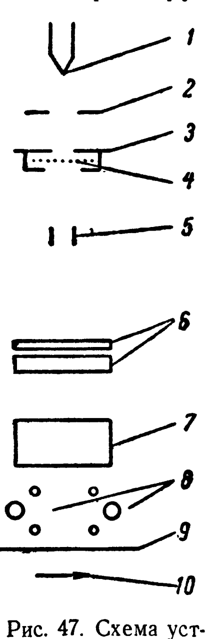


Рис. 47. Схема устройства прожектора, создающего расщепленный пучок.

1 — точечный катод; *2* — управляющий электрод; *3* — анод; *4* — расщепляющая сетка; *5* — модулирующие электроды; *6* — электроды горизонтальной фокусировки; *7* — пластины горизонтального отклонения; *8* — электроды вертикальной фокусировки; *9* — пленка; *10* — направление движения пленки.

Ширина щелей в проекционной системе черно-белой записи выбирается достаточно большой, чтобы пропустить все цвета спектра, создающегося при прохождении света через канавки (каждая канавка действует как элементарная призма и вызывает разложение падающего на нее света на спектральные составляющие).

Метод термопластической записи позволяет осуществить запись телевизионных сигналов, соответствующих не только черно-белому, но и цветному изображению. Запись сигналов цветных изображений производится расщепленным лучом, состоящим из четырех очень тонких лучей, расположенных в одной плоскости.

Устройство электронного прожектора, создающего расщепленный электронный пучок, показано на рис. 47. Электронный поток, создаваемый точечным катодом, ускоряется напряжением 10 *кв*, приложенным к аноду, и формируется элек-

тронно-оптической системой электронного прожектора, как в обычной электронно-лучевой трубке. При дальнейшем движении электронный луч пересекает расщепляющую сетку, состоящую из тонких, близко расположенных проволочек. Сетка находится под небольшим положительным потенциалом относительно анода. Электрическое поле этой сетки отклоняет отдельные части электронного пучка на равные углы между ними, создавая отдельные составляющие луча. Изменяя потенциал сетки, можно управлять расхождением между составляющими лучами, а следовательно, и расстоянием между канавками, т. е. зазором дифракционной решетки, образующейся на элементе изображения. Средний потенциал расщепляющей сетки выбирается так, чтобы составляющие электронные лучи пересекались в середине цилиндрической линзы вертикальной фокусировки (вдоль кадра), которая фокусирует составляющие лучи в ряд коротких линий на поверхности термопластической пленки. Фокусировка и отклонение вдоль строки обеспечиваются другой цилиндрической линзой и рядом отклоняющих пластин.

Фокусировка и центровка луча производятся визуально по свечению тонкого слоя люминофора, нанесенного на один из участков пленки.

Составляющие лучи ориентированы так, что они наносят вдоль строки четыре параллельные полоски зарядов. После обработки пленки на этих местах создаются четыре канавки, расположенные на расстоянии 10 *мк* друг от друга. Эти канавки образуют фазовую дифракционную решетку, свойства которой используются при воспроизведении цветных изображений.

У фазовых дифракционных решеток элементы решетки отличаются не различной пропускающей (или отражающей) способностью, влияющей на амплитуду волны, а своей способностью менять фазу электромагнитной волны. Изменение фазы обусловливается чередованием толстых и тонких участков прозрачной пленки, т. е. наличием канавок. Фазовые дифракционные решетки, разлагая в спектр падающий на них свет, концентрируют энергию в спектре одного порядка, ослабляя спектры других порядков.

Воспроизведение цветной записи с термопластической ленты основано на использовании явления дифракции световых лучей при прохождении через фазовую дифракционную решетку, образованную мельчайшими канавками, созданными расщепленным лучом. При этом глубина канавок

на элементе пленки определяет яркость элемента воспроизводимого изображения, а расстояние между канавками обусловливает цвет этого элемента. При оптическом воспроизведении цветной записи используются две наложенные друг на друга дифракционные решетки.

В цветной проекционной системе используются более узкие линейчатые источники света, чем в черно-белой проекционной системе, а щели делаются настолько узкими, что они могут пропустить только один из первичных цветов спектра, созданного дифракционной решеткой.

Описываемая система обеспечивает высокую яркость изображения на большом экране, так как эта яркость задается яркостью просвечивающего источника света.

Однако для оптического воспроизведения записи не обязательно использовать описанную выше проекционную систему. Изменения деформации поверхности пленки могут быть вновь преобразованы в изменения электрического сигнала. Эти электрические сигналы могут быть затем поданы в обычный телевизионный приемник, на экране которого будет воспроизведено ранее записанное изображение.

Для получения электрического сигнала, соответствующего записанному изображению, можно применить развертывающее устройство с бегущим световым пятном. Свет от элементов растра на экране развертывающей трубки направляется на пленку. Световой пучок разлагается на составляющие спектра, которые затем улавливаются фотоэлементами. Фотоэлементы, чувствительные к разным участкам спектра, помещены под различными углами, чтобы воспринимать свет, рассеиваемый решетками с различными расстояниями между канавками.

Если дифракционная решетка на термопластической ленте имеет малые расстояния между канавками, то угол дифракции (угол, под которым расходятся после прохождения через дифракционную решетку лучи составляющих образованного решеткой спектра) будет большой и вышеописанная проекционная система (рис. 21) может быть заменена более простой (рис. 48). В этом случае используются два отдельных источника света, создающие косое освещение поверхности пленки. При отсутствии деформаций на пленке луч света не попадает в проекционный объектив. При наличии на ней решетки с малыми расстояниями имеет место сильное искривление пути светового пучка и он попадает на экран.

Основным недостатком системы термопластической записи является необходимость использования вакуумного насоса для постоянной откачки. Выше уже говорилось о том, что запись осуществляется электронным пучком, а создание электронного пучка возможно лишь в условиях вакуума. Поддержание вакуума в приборе необходимо в связи с трудностями создания вакуумноплотных соединений в разборной конструкции прибора и в связи с выделением газа из органической пленки, подвергающейся бомбардировке электронным пучком.

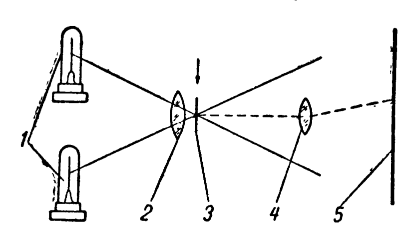


Рис. 48. Упрощенная проекционная система для воспроизведения цветной записи при очень узких канавках на термопластической пленке.

1 — источники света; *2* — конденсор; *3* — термопластическая пленка; *4* — проекционный объектив; *5* — светорассеивающий экран

Запись на термопластической ленте возможна не только при помощи электронного луча в вакууме, но и воздухе путем перемещения по поверхности пленки проволоки, находящейся под напряжением. Однако в последнем случае скорость и плотность записи ниже, чем при записи электронным пучком.

При записи электронным пучком плотность накопления информации в 100 и более раз выше, чем у наилучших систем широкополосной магнитной записи. На 1 *см*² поверхности пленки может быть накоплено около 6,7 млн. двоичных единиц, причем имеются потенциальные возможности дальнейшего увеличения плотности записи. Плотность и скорость записи зависят от степени вакуума в приборе — с уменьшением вакуума плотность и скорость записи уменьшаются.

По ширине полосы записываемых частот термопластическая запись в 10 раз превосходит магнитную. Термопластическая запись позволяет записывать частоты до 50 *Мгц* при скорости движения пленки 12,5 *см/сек*.

Сравнивая такую запись с записью на фотокинопленку, следует сказать следующее. Запись на термопластическую пленку значительно проще, ибо нет надобности в дополнительной сложной обработке. При этом результаты записи сразу же можно наблюдать.

Теоретически разрешающая способность новой системы записи сравнима с разрешающей способностью фотографи-

ческой записи. При этом разрешающая способность цветной записи на термопластике примерно в 4 раза хуже, чем черно-белой. Это обусловливается тем, что площадь элемента черно-белого изображения примерно в 4 раза меньше площади элемента цветного изображения.

Размеры и вес аппаратуры термопластической записи сравнимы с таковыми аппаратуры магнитной записи.

К числу многих достоинств записи на термопластическую ленту относится и возможность изготовления копий методом, применяемым при изготовлении грампластинок.

Уже недалеко то время, когда телезритель сможет смотреть программы, записанные на пленку, и которые можно будет приобретать в магазине или брать на прокат.

Электронный метод производства кинофильмов

Электронный метод производства кинофильмов характеризуется использованием специальных телевизионных камер для записи телевизионных изображений с экрана кинескопа.

В процессе киносъемок художественные и технические качества будущего позитивного изображения снимаемых сцен требуют внесения в него соответствующих исправлений (изменений воспроизведения полутонов, составляющих цветов и т. д.).

Современная техника производства кинофильмов не позволяет этого делать, так как процесс получения позитива требует большого времени и не допускает непосредственного анализа снятого изображения в позитиве.

Использование телевизионных камер вместо киносъемочных аппаратов и запись с экрана кинескопа позволяют устранить трудности, с которыми приходится сталкиваться кинорежиссеру и другим участникам съемочного коллектива в современном процессе производства кинофильмов.

При использовании электронного метода производства кинофильмов как во время пробы, так и при съемке режиссер может наблюдать на контрольном экране кинескопа определенную последовательность кадров разной длительности и снятых различными кинокамерами с теми или иными исправлениями и записать их на кинопленке. Электронное изображение может быть размножено путем подачи видеосигналов на несколько видеоконтрольных

устройств, чтобы и другие участники съемок могли вести наблюдение за процессом съемок.

Достоинства телевизионного метода производства фильмов обусловлены тем, что электронное изображение на основном контрольном экране режиссера представляет собой тождественное воспроизведение будущего позитива изображения в отношении освещения, фокусировки, градации тонов, яркости и т. д. Кроме того, система допускает улучшение качества изображения путем применения электрической коррекции, специальных эффектов и комбинированных съемок.

Работа при этом организуется таким образом, что отдельные телевизионные камеры одновременно и непрерывно снимают все сцены с различных точек.

Режиссер в процессе репетиций, которые можно производить, не тратя ни одного метра кинопленки, монтирует программу электронным путем. Он включает на свой контрольный экран в течение определенного времени тот или иной телевизионный канал, а также устройства, необходимые для получения специальных эффектов; просматривает и утверждает последовательность отдельных планов или эпизодов с различными эффектами. При этом изображения на экранах кинескопов отдельных камер могут одновременно записываться киносъемочными аппаратами.

Смонтированная режиссером телевизионная программа записывается съемочным аппаратом на кинопленку. В результате к концу киносъемок может быть получена уже часть полностью смонтированного фильма.

С помощью телевизионных установок может быть достигнуто значительное увеличение яркости изображения. С этим связано возможное уменьшение освещенности сцен в ателье, в частности, при съемках цветных кинофильмов.

При разработке телевизионной аппаратуры, предназначенной для производства кинофильмов, и определении ее параметров необходимо исходить из разрешающей способности применяемой кинопленки и возможностей телевизионной техники. При этом нет необходимости придерживаться стандарта на телевизионное вещание.

При использовании обычной 35-*мм* кинопленки можно фотографировать телевизионные изображения с числом строк разложения порядка 1 000. Выбирая такой стандарт разложения для телевизионной аппаратуры, можно довести качество кинофильма, полученного путем записи теле-

визионного изображения, до качества фильмов, создаваемых при съемке натурных сцен в киностудиях.

Для получения еще более высокого качества телевизионного фильма количество строк разложения должно быть увеличено, что имеет смысл делать лишь при наличии высококачественных приемных телевизионных трубок.

При электронном методе производства кинофильмов в телевизионной аппаратуре обычно отказываются от чересстрочной развертки, так как при ее применении наблюдается ряд искажений движущихся объекгов. Использование прогрессивной развертки дает возможность понизить число телевизионных кадров и тем самым увеличить время обратного хода луча по кадру и осуществить передвижение кинопленки за этот период.

Оборудование одной из практически используемых систем позволяет производить запись с экрана телевизионной приемной трубки на 16- и 35-*мм* кинопленку; одновременно с записью изображения получается и оригинальный кинонегатив фильма, снимаемый обычным (кинотехническим) методом.

Комплект аппаратуры состоит из нескольких киносъемочных камер, которые снабжены телевизионными приставками, обеспечивающими высококачественное телевизионное изображение. Телевизионные приставки к камерам в этой аппаратуре являются составной частью стандартной съемочной камеры. Световой поток, проходящий через объектив камеры, используется как для телевизионной записи, так и для обычного процесса киносъемки.

Режиссер осуществляет композицию снимаемого кадра и руководит съемочным процессом, наблюдая снимаемый кадр на специальном контрольном телевизионном экране. Кадры, отбираемые режиссером, записываются одновременно с киносъемкой. Таким образом, в результате получаются запись телевизионного изображения на пленку и экспонированный негатив той же сцены, заснятой обычным кинематографическим способом.

Запись телевизионного изображения, произведенная в процессе съемки, в дальнейшем служит в качестве эталонной копии для монтажа; в соответствии с ней монтируется оригинальный негатив.

Принцип работы устройства иллюстрирует схема, приведенная на рис. 49. На съемочной площадке работают несколько камер со сменными объективами. Видеосигнал, снимаемый с электронных приставок камер, воспроизво-

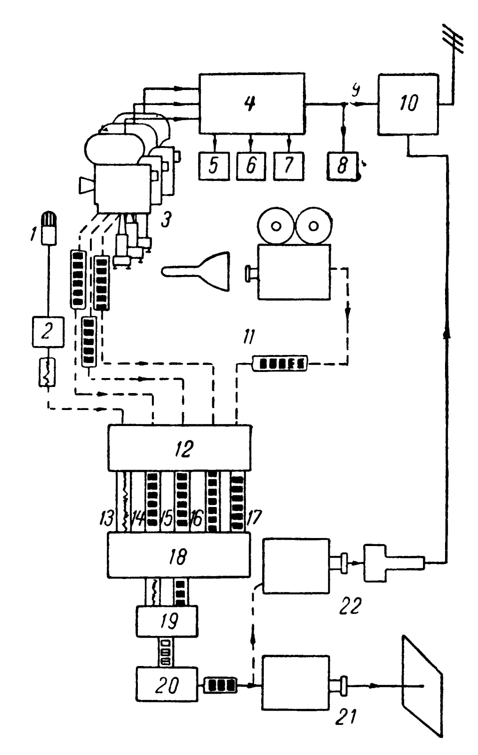


Рис. 49. Функциональная схема комбинированной электронной аппаратуры.

1 — микрофон; 2 — запись звука; 3 — три съемочные камеры; 4 — переключатель камер и электронный монтаж; 5, 6 и 7 — видеоконтрольные устройства 1-й, 2-й и 3-й камер; 8 — контрольный телевизионный приемник; 9 — непосредственная передача в эфир; 10 — передача с задержкой во времени; 11 — эталонная копия, записанная непосредственно с экрана трубки; 12 — фотообработка отснятого и записанного материала; 13 — звуковая часть передачи (фонограмма); 14 — камера № 1; 15 — камера № 2; 16 — камера № 3; 17 — копия, записанная с экрана трубки; 18 — монтаж; 19 — печать; 20 — фотообработка после процесса печати; 21 — кинопроекция отснятого материала (фильма); 22 — телевизионная передача отснятого материала.

дится в электронных видоискателях съемочных камер.

Таким образом, оператор может производить работу по композиции кадра и проверять точность наводки на фокус непосредственно по телевизионному изображению снимаемого кадра. Это изображение воспроизводится на контрольных телевизионных экранах в помещении телевизионного контроля, а также в контрольном устройстве, к которому подключены линии каждой из камер. В контрольном помещении число экранов соответствует числу съемочных камер.

При помощи специального переключения видеоканалов отобранный режиссером кадр фиксируется на аппарате для записи телевизионных изображений на кинопленку. Запись изображения может производиться одновременно с телевизионной передачей.

Телевизионная программа в виде записи на кинопленку может быть непосредствено использована для демонстрации в кинотеатре или для передачи по телевизионной передающей сети.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПРИКЛАДНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Особенности прикладных телевизионных установок

Многие трудности при проведении научных исследований и управлении производственными процессами могут быть преодолены с помощью телевидения.

Особенно большие возможности развития прикладного телевидения появились в последние годы. Это объясняется бурным развитием телевизионной техники, разработкой высокочувствительных и вместе с тем небольших, простых и сравнительно дешевых телевизионных передающих трубок. Значительную роль сыграло создание малогабаритных электронных приборов и схемных элементов.

Упрощение аппаратуры, применяемой в народном хозяйстве, удалось осуществить, подчинив схемное и конструктивное решение прикладных телевизионных систем их целевому назначению. Основные параметры прикладных телевизионных систем (число строк разложения, частота кадров, синхронизирующие сигналы и т. п.) в ряде случаев существенно отличаются от вещательных телевизионных стандартов.

В состав системы прикладного телевидения в простейшем случае входят один передатчик и один приемник. Иногда применяются системы с одним передатчиком и несколькими приемниками. Имеются также системы, где к одному видеоконтрольному устройству (приемнику) может быть подключена по выбору любая из нескольких передающих телевизионных камер (передатчиков). Наконец, возможно подключение одновременно к нескольким приемным устройствам одной из передающих камер по выбору.

В подавляющем большинстве прикладных телевизионных систем наиболее жесткие требования предъявляются к передающим камерам — в отношении веса, компактности, простоты регулировок, надежности.

Несмотря на индивидуальность требований, предъявляемых к прикладным установкам различного назначения, массовое распространение прикладного телевидения приводит к тому, что наряду с разработкой уникальных телевизионных установок производят создание типовых установок, пригодных для применения в различных отраслях промышленности и науки.

Одной из характерных особенностей прикладных установок является то, что в подавляющем большинстве случаев между передающей камерой и приемником существует проводная связь на частоте видеосигнала или на радиочастоте. Другой характерной чертой прикладных установок является создание сигналов синхронизации разверток или развертывающих напряжений в приемниках с передачей их по кабелю на передающую сторону.

Сложность телевизионной системы определяется требуемым качеством воспроизводимого изображения. Поэтому возможное упрощение системы зависит от приемлемых в данных конкретных условиях работы установки качественных показателей изображения. Так, например, в одном случае допустимо сокращение числа строк разложения, в другом — числа кадров, в третьем — можно уменьшить требования к величине допустимого отношения сигнал/помеха, в четвертом — уменьшить требования к точности разверток.

Так как прикладные телевизионные системы не связаны единым стандартом, то целесообразным может быть применение не типовой линейной построчной развертки, а применение разверток других типов. На практике находит применение спиральная развертка. В этом случае развертывающие электронные лучи передающей и приемной трубок в плоскости, перпендикулярной к оси трубки, синхронно и синфазно движутся по спирали, от центра к периферии (или наоборот) по виткам, вплотную примыкающим друг к другу. Форма напряжений на отклоняющих пластинах (или форма токов в отклоняющих катушках) должна быть синусоидальная на одной паре пластин и косинусоидальная — на другой паре пластин. При этом амплитуда колебаний линейно нарастает, т. е. гармонические колебания промодулированы пилообразными. Период гармонического колебания определяет скорость движения луча по окружности, а период пилообразного колебания — скорость перемещения пучков от центра к периферии.

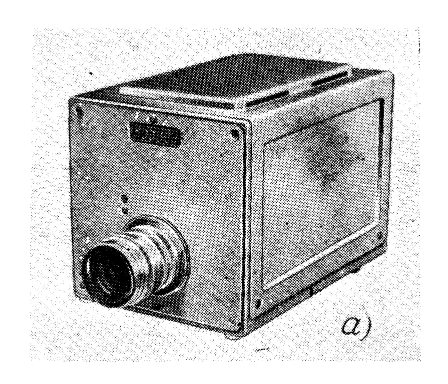
В некоторых установках применяется развертка синусоидальными колебаниями с постоянной амплитудой.

Отсутствие блоков, предназначенных для радиопередачи и радиоприема при использовании проводной связи, а также некоторое упрощение отдельных блоков установок, связанное с менее жесткими требованиями к ряду качественных характеристик, позволяет конструировать

более простые, компактные и дешевые телевизионные установки по сравнению с системами, предназначенными для телевизионного вещания.

Типовые промышленные телевизионные установки и их применение

В Советском Союзе разработаны и серийно выпускаются несколько типов телевизионных установок, предназначенных для использования в промышленности. Простейшими являются установки типа ПТУ-0 ПТУ-ОМ, ПТУ-ОМ1, каждая из которых содержит портативную передающую камеру и видеоконтрольное устройство, связанные между собой кабелем. В передающих камерах этих установок используются передающие трубки с фотосопротивлениями. Внешний вид камеры установки ПТУ-ОМ приведен на рис. 50,*а*; на рис. 50,*б* — внешний вид ее видеоконтрольного устройства.



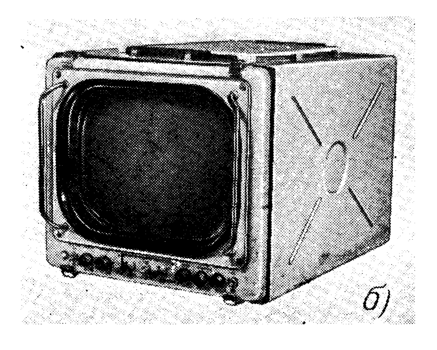


Рис. 50. Передающая телевизионная камера (*а*) и видеоконтрольное устройство (*б*) установки типа ПТУ-ОМ (в разных масштабах).

По одному коаксиальному кабелю от камеры к видеоконтрольному устройству передается телевизионный видеосигнал, а по второму коаксиальному кабелю от видеоконтрольного устройства к камере подводится напряжение развертки строчной частоты. Третий многожильный экранированный кабель используется для подачи питания и регулировки передающей камеры с пульта, расположенного на передней панели видеоконтрольного устройства. В установках используется последовательный способ разложения при 50 кадрах в секунду. Для удобства

установки камеры и наведения ее на объект предусмотрена телефонная связь между персоналом, находящимся у камеры и у видеоконтрольного устройства, для чего установка снабжена телефонным аппаратом. Оптическая фокусировка изображения и диафрагмирование объективов осуществляются в установках ПТУ-О и ПТУ-ОМ вручную.

Размеры камер установок ПТУ-О и ПТУ-ОМ 15,5×10,5×20 *см*, а размеры видеоконтрольного устройства 46×41×39 *см*.

Освещенность объекта, необходимая для нормальной работы установки, должна быть примерно 500 *лк*. Допустимая скорость перемещения проекции объекта в плоскости светочувствительного слоя трубки — не более 3 *мм* в секунду. Потребляемая всей установкой типа ПТУ-О или ПТУ-ОМ мощность от сети переменного тока составляет 250 *вт*, а установкой типа ПТУ-ОМ1—200 *вт*.

Установка ПТУ-2М состоит из трех основных узлов: телевизионной камеры на передающей трубке с фотосопротивлением, блока передачи сигналов и видеоконтрольного устройства. Блок передачи сигналов включает в себя видеоусилитель, генератор развертывающих колебаний, источники питания и синхрогенератор, выполненный на полупроводниковых приборах. Установка ПТУ-2М обеспечивает более высокую четкость изображения и большее удаление камеры от блока управления (до 1 000 *м*), чем вышеупомянутые установки. Кроме того, в этой установке может одновременно работать несколько видеоконтрольных устройств.

Установка ПТУ-4 отличается от установки ПТУ-2М наличием коммутационого устройства камер, благодаря которому можно последовательно наблюдать различные объекты с помощью нескольких камер и одного видеоконтрольного устройства.

В установках ПТУ-ОМ1, ПТУ-2М, ПТУ-4, кроме ручного, может быть применено дистанционное управление фокусировкой изображения, диафрагмированием и сменой двух объективов.

Размеры камер установок ПТУ-ОМ1, ПТУ-2М и ПТУ-4 14×14×22 *см*. Установка ПТУ-2М потребляет мощность 350 *вт*, а установка ПТУ-4—500 *вт*.

Более сложной, чем описанные выше, является установка типа ПТУ-3. В передающей камере этой трубки применяется трубка типа суперортикон. Здесь производится чересстрочное разложение изображения на 625 строк при

25 кадрах в секунду. Передача сигналов изображения от передающей камеры до видеоконтрольного устройства производится по коаксиальному кабелю на видеочастоте.

В состав установки входят: телевизионная передающая камера с оптической головкой, блок передачи сигналов (рис. 51), пульт управления и выносное видеоконтрольное устройство.

Управление режимом работы передающей трубки, фокусировка оптического изображения на фотокатоде, диафрагмирование и смена объективов производятся здесь дистанционно—с пульта управления.

Размеры передающей камеры 28×33×79,5 *см*. Освещенность объекта, необходимая для нормальной работы системы должна быть порядка 50 *лк*. Потребляемая установкой мощность составляет 1 500 *вт*.

Телевизионная установка ПТУ-5 в основном предназначена для наблюдения подводных объектов.

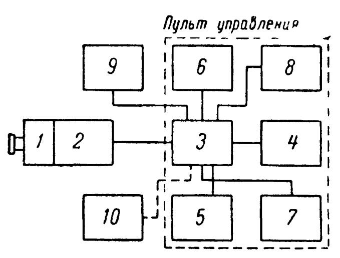


Рис. 51. Функциональная схема промышленной телевизионной установки типа ПТУ-3.

1—оптическая головка; *2*—камера; *3*—блок соединений; *4*—блок регулировок; *5*—синхрогенератор; *6*—блок канала; *7*—блок питания; *8*—видеоконтрольное устройство; *9*—выносное видеоконтрольное устройство; *10*—дополнительное видеоконтрольное устройство.

Телевизионным установкам, используемым в промышленности, приходится работать в разнообразных условиях: при повышенной влажности, атмосферных осадках, большой запыленности, при высоких или, наоборот, низких температурах. Возможность применения установок в различных условиях обеспечивается использованием различных дополнительных узлов и приборов. Так, например, в горной промышленности, химической промышленности и на всех промышленных предприятиях с большой запыленностью обычный кожух камеры заменяется герметическим литым корпусом из легкого металла. Для охлаждения камеры используются охлаждающие ребра, а также принудительное охлаждение корпуса потоком холодного воздуха.

В ряде случаев высокая температура в камере не позволяет применять герметические кожухи. В этом случае используется продувание внутреннего пространства камеры воздухом через пыленепроницаемые фильтры.

На электростанциях, металлургических предприятиях, в металлообрабатывающей промышленности и т. п. бывает необходимо использовать телевизионные камеры в условиях высоких температур. В этих случаях применяется принудительное охлаждение камеры воздухом или жидкостью. Объектив и фоточувствительная поверхность передающих трубок защищаются от попадания теплового излучения инфракрасными фильтрами.

Как указывалось выше, в ряде случаев осуществляется дистанционное управление режимом работы камеры и изменениями параметров ее оптики с помощью управляющих электрических сигналов, передаваемых по кабелю. Однако существуют установки, где применяется автоматическое управление режимом работы передающей трубки и изменением параметров используемых объективов. Так, например, находит применение дополнительный фотоэлемент для автоматического диафрагмирования объектива и автоматического изменения режима работы передающей трубки при изменении освещенности объекта.

Для дистанционного наблюдения за различными производственными процессами в Советском Союзе разработаны новые телевизионные установки ПТУ-101, ДТУ-2А, имеющие однотипные блоки. При помощи этих установок можно вести наблюдение как за неподвижными, так и за быстродвижущимися объектами при освещенностях не менее 25 *лк*.

В состав установки ПТУ-101 входят следующие блоки: передающая камера с оптической головкой и поворотным устройством, камерный блок, блок канала, блок питания автоматики, блок коммутации и управления, два выносных пульта управления, выносное видеоприемное устройство — телевизор типа «Рубин-102» (или другой современный телевизор).

В состав установки ДТУ-2А имеется не одна, а 12 передающих камер и соответственно 12 камерных каналов. Выносных видеоприемных устройств здесь два.

Каждая установка позволяет одновременно подключать до пяти телевизоров. Размер изображения видеоприемных устройств 288×217 *мм*.

В этих установках используются передающие трубки типа суперортикон. Разложение изображения чересстрочное на 625 строк при 25 кадрах в секунду.

Сигналы изображения передаются по кабельным линиям связи. Максимальное расстояние между передающей

камерой и камерным блоком 25 *м*, между передающей камерой и блоком канала (в установке ПТУ-101) или блоком коммутации и управления в установке ДТУ-2А) — 1 000 *м*, между блоком канала и телевизорами — 1 500 *м*.

В установке ПТУ-101 управление оптической головкой и поворотным устройством камеры дистанционное. Оно осуществляется как с пульта управления, так и с выносных пультов управления от телевизоров. В установке ДТУ-2А управление головками и поворотными устройствами также осуществляется дистанционно либо с блока коммутации управления, либо с выносных пультов управления от телевизоров. Поворотное устройство обеспечивает поворот камеры по вертикали на угол $\pm 30°$ и по горизонтали на угол 240°.

Обе установки рассчитаны на непрерывную работу в течение 23 *ч*.

Передающие камеры установок ПТУ-101, ДТУ-2А выполнены в пылеводозащитном кожухе и имеют длину 625 *мм* и диаметр 200 *мм* Здесь предусмотрены автоматический подогрев переднего защитного стекла кожуха камеры для предотвращения обледенения и запотевания, а также механическая пылеочистка. В случае необходимости специальная рамка с отверстиями, установленная перед защитным стеклом камеры, защищает оптику от пыли. К рамке подводится сжатый воздух от внешней магистрали. Кожух камеры имеет систему водяного охлаждения, что позволяет применять ее для работы в интервале температур от —25 до $+150°$ С.

Прикладные телевизионные установки в настоящее время успешно применяются в ряде отраслей народного хозяйства и при проведении научных исследований. Наибольшее распространение получило использование прикладного телевидения в промышленности.

Это связано с тем, что многие производственные процессы недоступны или мало удобны для непосредственного наблюдения, хотя последнее крайне необходимо для управления, контроля и измерений.

Широкие перспективы открыты для применения телевидения в металлургии. Можно организовать централизованное диспетчерское управление производством и улучшить условия труда в доменных, мартеновских и прокатных цехах.

Механизация и автоматизация подземных работ, на пути к которой находится отечественная угольная промыш-

ленность, может быть эффективно осуществлена при использовании подземных телевизионных камер. В этом случае можно будет осуществить дистанционное управление врубовыми и другими машинами с пульта, находящегося на поверхности земли.

В условиях добычи угля открытым способом телевидение позволяет осуществлять оперативный диспетчерский контроль за всеми основными процессами производства бурением, погрузкой, транспортными операциями, разгрузкой горной массы в приемных пунктах.

Телевидение используется для контроля за работой различных станков, конвейеров и линий в поточном производстве, для облегчения работы по сборке узлов.

В некоторых случаях желательно получить наглядные сведения о процессах, происходящих в местах, не доступных для наблюдения: внутри котлов, турбин и других машин. Так, например, было разработано телевизионное оборудование, приспособленное для наблюдения за процессами внутри котла с расплавленным металлом. На одном из заводов телевизионная камера была смонтирована в дымоходе для контроля за полнотой сгорания топлива.

Телевизионные установки находят применение в энергетике для наблюдения на центральном пульте, за работой котлов, турбин и других механизмов. Телевизионные установки позволяют получать на панели управления показания удаленных измерительных приборов. Возможности телевидения экспериментально опробованы на ТЭЦ Мосэнерго и Ленэнерго. Энергетическое хозяйство первого в мире атомохода «Ленин» также оборудовано телевизионной установкой.

Телевидение используется при строительстве крупных гидроэлектростанций. Так, например, на строительстве Братской ГЭС применены бетоноукладочные краны, способные поднять груз на высоту более 140 *м*. Для облегчения работы крановщика используется телевизионная установка. Изготовлен также универсальный портальный кран для строительства Красноярской ГЭС, снабженный телевизионным оборудованием.

Эффективным оказалось применение телевидения в авиационной промышленности при испытании новых авиационных моторов и реактивных двигателей испытании моделей самолетов в аэродинамических трубах, проведении испытательных полетов самолетов. Цветные прикладные теле-

визионные установки используют при испытаниях и запуске ракет.

Имеется ряд сообщений о применении телевидения в химической, деревообрабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности.

Телевидение начинает широко применяться на железнодорожном, морском, речном и воздушном транспорте. Телевидение используется в ряде речных и морских пор-



Рис. 52. Диспетчер Ленинградского морского торгового порта следит за ходом разгрузки судов путем подключения к видеоконтрольному устройству одной из пяти передающих камер, установленных на причалах порта.

тов для обзора диспетчером территории порта, рейда, причалов, портовых кранов, грузовых площадок и других мест производства работ (рис. 52).

Телевизионные установки специального назначения

Телевизионный микроскоп. Проведение исследований с помощью обычного микроскопа имеет ряд существенных недостатков. Так, например, наблюдать изображение можно лишь тогда, когда облучается образец видимым светом. При непосредственном наблюдении трудно производить количественные сопоставления, сам процесс наблюдения утомителен. Изучать образец может лишь

1 чел. Применение телевизионного микроскопа позволяет производить исследования, свободные от упомянутых недостатков.

Для уменьшения разрешаемого расстояния микроскопа (наименьшего расстояния между предметами, которые еще видны в микроскоп раздельно) необходимо облучать исследуемые образцы лучами с более короткой длиной волны, например ультрафиолетовыми лучами. Используя передающие телевизионные трубки или фотоэлементы, чувствительные к ультрафиолетовому свету, можно пре-

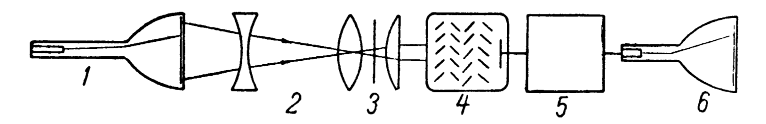


Рис. 53. Схема микроскопа с разверткой бегущим световым пятном.
1 — развертывающая электронно-лучевая трубка; 2 — микроскоп; 3 — микрообразец; 4 — фотоэлектронный умножитель; 5 — усилитель; 6 — воспроизводящая электронно-лучевая трубка

образовать изображение в ультрафиолетовых лучах в видимое изображение.

Применение телевизионных микроскопов позволяет значительно расширить круг лиц, производящих наблюдение. Важным достоинством телевизионного микроскопа по сравнению с обычным является то, что яркость изображения можно увеличивать электронным путем, не прибегая к увеличению интенсивности источника света, облучающего образец.

Принцип действия микроскопа с разверткой бегущим лучом поясняется на рис. 53. Электронный пучок постоянной интенсивности обегает экран электронно-лучевой трубки и создает на экране последней немодулированный растр. Световой луч немодулированного растра экрана трубки проецируется оптической системой на прозрачный исследуемый образец. В этой системе микроскоп служит не для увеличения изображения, а для уменьшения размеров светового пятна до величины в несколько микрон и даже долей микрона. Прошедший через образец свет собирается конденсором и затем направляется к фотокатоду фотоэлемента или фотоэлектронного умножителя.

Если прозрачность образца по поверхности неодинакова, то прошедший через образец световой поток будет модулирован, что в свою очередь вызовет изменение фототока в фотоэлектрическом преобразователе. После усиле-

ния видеосигнал подводится к электронно-лучевой трубке видеоконтрольного устройства, на экране которого и воспроизводится увеличенное изображение просвечиваемого образца.

Создавая бегущий световой луч трубками с различным цветом свечения экрана или применяя светофильтр, можно производить исследования в различных лучах спектра.

Достоинством такого микроскопа, с точки зрения биологических исследований, является слабое воздействие света на исследуемый объект. Это объясняется как тем, что различные элементы объекта облучаются поочередно, так и тем, что в данном случае используется люминесцентное свечение, т. е. применяется «холодный» свет.

Практические значения увеличения таких телевизионных микроскопов достигают 6 000—10 000. Увеличение же биологических микроскопов обычно не превышает 1 500.

Применяются телевизионные микроскопы, представляющие собой сочетание обычного оптического микроскопа и телевизионной системы. Передающая камера здесь может и не иметь объектива. Можно использовать любой мощный источник света. Это позволяет хорошо осветить образец и получить выходной сигнал значительно превышающий уровень шумов, если использовать фотоэлектрический преобразователь с накоплением зарядов (например, передающую телевизионную трубку с фотосопротивлением).

Большим достоинством такого микроскопа является возможность регулирования в широких пределах формы амплитудной характеристики усилительного канала с целью увеличения контрастности воспроизводимых изображений. Такая возможность обусловливается значительным превышением сигнала над уровнем шумов.

Очень трудоемкой и не обеспечивающей достаточной точности является работа по визуальному подсчету и сравнению частиц, находящихся в поле зрения обычного микроскопа. Быстрый и точный количественный анализ может быть осуществлен путем использования телевизионных микроскопов с соответствующими вспомогательными схемами или с помощью специальных телевизионных микроскопов.

Применение специальных электронных схем позволяет производить подсчет частиц определенного вида или решать такие задачи, как например, определение относительного содержания частиц как функции размеров или определить число частиц, имеющих определенные размеры.

Возможность получения большого изображения частиц позволяет создать метод точного измерения отдельных их элементов.

В целом применение телевизионных методов позволяет поднять технику микроскопических исследований на новую, более высокую ступень.

Рентгеноскопические телевизионные установки. Широкое применение при исследовании живых организмов, материалов, приборов и сооружений находит просвечивание рентгеновыми лучами. Ценность таких исследований состоит в том, что они позволяют исследовать тела, не разрушая их. При визуальном наблюдении рентгеновских изображений на флуоресцирующем экране существует противоречие между необходимостью сведения к минимуму дозы рентгеновых лучей для пациента и лица, наблюдающего рентгеновское изображение, и между целесообразностью получения яркого изображения.

Применение рентгеноскопических телевизионных установок позволяет существенно облегчить и обезопасить труд десятков тысяч врачей-рентгенологов и операторов производственных рентгеновских установок, позволяет лучше устанавливать диагноз и успешнее находить дефекты, ибо при этом контрастные и яркие изображения можно наблюдать в нормально освещеннной комнате и вдали от ренгеновской установки.

Имеется несколько направлений внедрения телевидения в рентгеноскопию. Самый простой способ применения телевидения — использовать обычный рентгеновский аппарат и обычную прикладную телевизионную установку. Объект здесь просвечивается рентгеновыми лучами и изображение, создаваемое на флуоресцирующем экране, проецируется на светочувствительную поверхность телевизионной передающей трубки, которая через усилитель подключена к воспроизводящей электронно-лучевой трубке. В опытах с такой установкой при просвечивании грудной клетки достигали увеличения яркости изображения в 300—1 000 раз, а при просвечивании нижней части тела было получено 3 000-кратное повышение яркости изображения. Однако и такое повышение яркости не позволяет производить наблюдение с хорошей различимостью, ибо для этого требуются большие уровни яркости.

Проводились опыты с передающей телевизионной трубкой на фотосопротивлении, чувствительной к рентгеновым лучам. В этом случае отсутствует флуоресцирующий экран,

устанавливаемый обычно после просвечиваемого объекта (рис. 54). Передающая трубка такого устройства имеет эффективную площадь мишени, слишком малую для практической рентгенологии, недостаточную чувствительность и большую инерционность.

Увеличение эффективной площади мишени можно осуществить как за счет увеличения размера передающей трубки обычной конструкции, так и разработкой специальной трубки, где исследуемый объект просвечивается бегущим рентгеновым лучом.

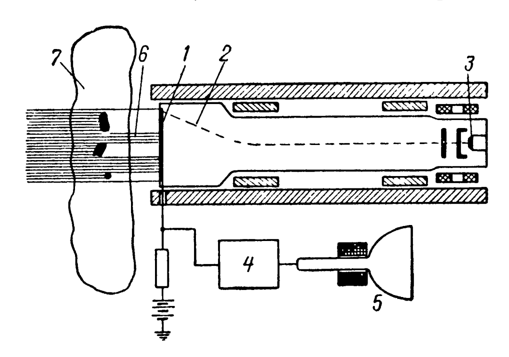


Рис. 54. Рентгено-телевизионная установка с трубкой, чувствительной к рентгеновым лучам.

1 — мишень; *2* — электронный пучок; *3* — электронный прожектор; *4* — усилитель; *5* — воспроизводящая трубка; *6* — рентгеновы лучи; *7* — просвечиваемый объект.

В литературе описана телевизионная установка, предназначенная для увеличения контраста и получения окраски рентгенограмм с целью улучшения диагностики. В различные цвета окрашиваются изображения участков с различными плотностями, т. е. цвета окраски условны.

Существуют установки, где телевизионные методы используются для наблюдения за прохождением веществ, излучающих гамма-лучи.

Телевизионная установка для демонстрации хирургических операций. В последнее время большое внимание уделяется применению телевидения для демонстрации большим группам врачей и студентов сложных хирургических операций, производимых крупными специалистами. В СССР была создана демонстрационная установка, использующая принципы после-

довательной системы телевидения. С целью уменьшения расстояния и удобства эксплуатации установки было решено совместить камеру с хирургической лампой.

Дистанционное управление камерой обычно осуществляется комментатором, чье присутствие необходимо ввиду занятости ведущего операцию хирурга.

Хирург, ведущий операцию, и хирург-комментатор имеют возможность отвечать на вопросы лиц, наблюдающих за ходом операции.

В целях обслуживания больших аудиторий были разработаны просмотровые устройства проекционного типа. Проецирование осуществляется с экрана проекционной трубки с помощью линзового объектива на экран направленного действия, что позволяет получать изображения размером 400×400 *мм*, т. е. в натуральную величину.

Телевизионная установка для исследования скважин и труб. Телевизионные установки, предназначенные для исследования буровых скважин, для исследования качества сварки внутри труб и т. п., должны быть снабжены специальными оптическими устройствами и осветителями для наблюдения стенок скважин и труб. Кожух таких камер должен иметь цилиндрическую форму и защищать камеру и ее оптическое устройство от внешних воздействий. В большинстве случаев он должен быть влагоустойчив и обладать определенным сопротивлением сжатию.

Наблюдение стенок труб и скважин предъявляет особые требования к оптической системе камеры. Оптика должна осуществлять круговой обзор, который дает представление о круговом вырезе трубы или скважины в виде полярных координат; для точных исследований стенок передающая камера должна давать изображение сектора трубы. Каждому из этих требований удовлетворяет специальная конструкция камеры.

Для осуществления кругового обзора требуется широкоугольный объектив с углом обзора порядка 100°. Для точного наблюдения за сектором стенки необходимо установить перед объективом плоское зеркало, находящееся под углом 45° относительно оси объектива. Для наблюдения за любым участком стенок должно быть предусмотрено вращение зеркала вокруг оси. Преломление световых лучей может быть осуществлено и призмой.

Одна из разработанных установок предназначалась для наблюдения внутренней части вертикально установлен-

ных труб и скважин. Освещенный компас давал ориентировку по азимуту. Устройство имело также ватерпас, по которому проверялось горизонтальное положение плоскости компаса. Компас в камере устанавливался таким образом, что его изображение попадало в какой-либо угол передаваемого изображения. Концентрическое положение камеры с отверстием осуществлялось при помощи трех полозьев, на которых для уменьшения трения устанавливались резиновые ролики. Полозья камеры прижимались к стенкам с помощью пружин. Здесь предусматривалась регулировка числа оборотов зеркала от 2 до 40 в минуту.

Для исследования труб и скважин с диаметром менее 200 *мм* используются телевизионные камеры на миниатюрных видиконах диаметром 12,5 *мм*. Существуют камеры на миниатюрных видиконах с максимальным диаметром 52 *мм*. Такая миниатюрная камера, помещенная внутрь цилиндра диаметром 60 *мм*, позволяет исследовать внутренние части труб, диаметр которых не менее 68 *мм*.

Телевизионные установки для подводных наблюдений. Погружения водолазов в морские глубины сопряжены с большим риском. Кроме того, расходы, связанные с постройкой, транспортировкой и погружением глубоководных аппаратов с человеком, довольно значительны.

Поэтому ученые исследуют жизнь моря в основном путем взятия проб грунта и воды, вылавливанием морских животных и рыб. Но делалось это все на малых глубинах и наугад, вслепую.

Возможность систематического изучения морских глубин появилась лишь с созданием подводных телевизионных установок и систем подводного фотографирования.

Подводные телевизионные установки становятся незаменимым инструментом при исследовании флоры и фауны морских глубин. Они позволяют облегчить поиск затонувших судов, осмотр повреждений и положения на грунте, позволяют вести работы при таких условиях погоды, когда спуск водолазов затруднен или совершенно исключен. Телевидение делает возможным продолжительное детальное наблюдение на таких глубинах, где длительное пребывание водолазов невозможно (известно, что водолаз может пробыть на глубине 100 *м* не более 30 *мин*). Телевизионные камеры используются и как средство помощи водолазам.

Телевизионные установки используются при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, для

осмотра плотин, молов, волноотбойных стенок, подводных волноломов и других гидротехнических сооружений без риска для наблюдателя.

Телевизионная аппаратура, предназначенная для работы под водой, в принципе не отличается от прикладных телевизионных установок, применяемых в промышленности. Отличия в основном конструктивного характера. Комплект такой аппаратуры обычно имеет в своем составе подводную передающую камеру, бортовое видеоконтрольное устройство с выносными приемниками, пульт управления, источники питания, специальный кабель и блок фотографирования телевизионного изображения с экрана приемника.

Кожух подводной камеры обычно изготовляется из антикоррозийных материалов. Прочность кожуха должна быть достаточной, чтобы выдержать давление при глубинных работах камеры.

Передающая камера работает глубоко в толще воды, следовательно, ее узлы недоступны для ручной регулировки. Поэтому для смены объективов, наводки на резкость и диафрагмирования камеры снабжаются дистанционно управляемыми механизмами. Управление электрическими цепями производится также дистанционно с борта судна. Для контроля водонепроницаемости корпуса камеры в ней помещают специальный индикатор влажности. Для поддержания постоянства температуры внутри камеры последние часто снабжаются автоматически действующими подогревателями.

Важными проблемами подводного телевидения являются: увеличение дальности видения под водой, обеспечение кругового обзора и возможности определения направления визирования камеры, увеличение глубины погружения камеры.

С целью увеличения дальности видения в воде используют высокочувствительные передающие трубки и искусственное освещение. При этом стремятся применять светильники с остро направленным излучением, так как при уменьшении объема засвечиваемой воды увеличивается дальность видения. Располагают светильники так, чтобы рассеянный свет в возможно меньшем количестве попадал в камеру.

Круговой обзор осуществляется различными методами. В ряде установок используется управление передающей камерой в погруженном состоянии с помощью гребных вин-

тов. Повороты камеры в горизонтальной и вертикальной плоскостях можно осуществить с помощью двух электродвигателей, размещенных в корпусе поворотного механизма. Принцип действия поворотного механизма основан на использовании инерционных свойств окружающей камеру массы воды.

В настоящее время разработано большое количество разнообразных систем подводного телевидения. Большинство из них рассчитано для работы на глубинах до 30 *м*, но имеются камеры, рассчитанные на глубину погружения 900 и более метров. Имеются сведения о разработке камеры для передач с глубин до 5 000 *м*. Более того, создана подводная телевизионная установка, которая может перемещаться под водой в любом направлении по командам с судна-базы.

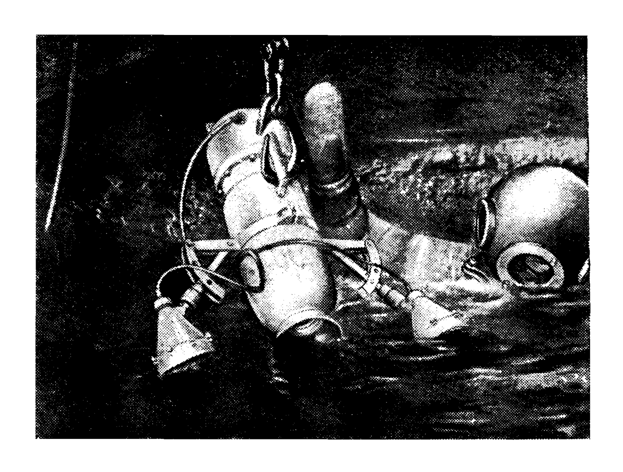


Рис. 55. Передающая часть подводной телевизионной установки ПТУ-5, погружаемая водолазом под воду.

На рис. 55 приведена фотография камеры установки ПТУ-5. Перемещается камера под водой и направляется на объект наблюдения водолазом, для чего батисфера (в которой расположена камера) имеет ручку для переноса. Установка используется при проведении различных подводных работ на глубинах до 100 *м*. ПТУ-5 демонстрировалась на Всемирной выставке 1958 г. в Брюсселе и входила в комплекс советской телевизионной аппаратуры, награжденной высшей наградой выставки — «Гран-При».

В печати появились сообщения о создании для подводных исследований дистанционно управляемого подводного манипулятора, который был продемонстрирован в мае 1960 г. Установка предназначена для проведения длительных исследований океанского дна на глубинах до 6 *км*; она может передвигаться со скоростью около 5 *км/ч*. Аппаратура манипулятора установлена на шасси танка. В комплект аппаратуры входит телевизионная система из четырех подводных камер, механическая рука, способная поднимать предметы весом до 1,5 *т*, и гидролокаторы.

В телевизионных камерах используются передающие трубки типа видикон. Все электрические схемы выполнены на полупроводниковых приборах. Камеры имеют цилиндрическую форму и помещены в стальные кожухи с толщиной стенок 1,25 *см*, способные выдержать давление до 700 *кг/см*^{2}. Длина камер 35 *см*, диаметр 7,5 *см*.

Манипулятор связан с передвигающимся по берегу фургоном коаксильным кабелем, длина которого позволяет работать на расстоянии 8 *км* от берега. По кабелю передаются телевизионные сигналы, электрическая энергия для питания телевизионных камер, ртутных осветительных ламп и системы движения манипулятора, а также сигналы дистанционного управления.

Телевизионная система этой установки обеспечивает передачу как обычных, так и объемных телевизионных изображений. С помощью центрального блока управления осуществляется либо передача видеосигналов одной камеры со скоростью 15 кадров в секунду, дающая плоское изображение, либо попеременная передача сигналов двух телевизионных камер со скоростью 7,5 кадров в секунду в каждой камере, дающая объемное изображение. Предусмотрена передача изображения с числом строк 250 либо 530. Приемные телевизионные трубки на берегу имеют экран с большим временем послесвечения.

Телевизионные системы с медленными развертками. Сокращение спектра частот сигнала возможно за счет понижения скорости разверток. Эта идея, впервые обоснованная в 30-х годах советским ученым С. И. Катаевым, положена в основу ряда систем прикладного телевидения. Наиболее показательной из этих систем является фототелевизионная система, использованная для передачи изображения Луны на землю с борта советской космической станции.

Объектом передачи являлось негативное изображение,

полученное с помощью бортового фотографического аппарата. Для передачи различного распределения оптической плотности по кадру изображения (соответствующего распределению света и тени на поверхности Луны) необходимо было эти изменения плотности отдельных участков негативной пленки преобразовать предварительно в измене-

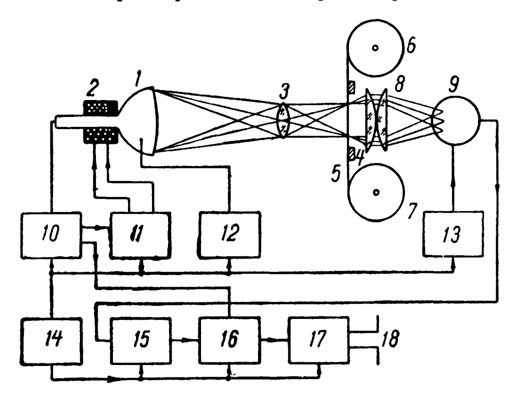


Рис. 56. Функциональная схема телевизионного передатчика с бегущим световым пятном.

1 — проекционная электронно-лучевая трубка; *2* — фокусирующе-отклоняющая система; *3* — объектив; *4* — кадровое окно; *5* — кинофотопленка; *6* — подающая кассета; *7* — принимающая кассета; *8* — конденсор; *9* — фотоэлектронный умножитель; *10* — генератор гасящих и синхронизирующих импульсов; *11* — генератор развертывающих колебаний; *12* — источник электрической энергии; *13* — источник высокого напряжения трубки; *14* — источник высокого напряжения фотоэлектронного умножителя; *15* — усилитель сигналов изображения; *16* — смеситель; *17* — модулируемый генератор колебаний высокой частоты; *18* — передающая антенна.

ния величины электрических сигналов. Преобразование изменений плотности по кадру в изменения электрического сигнала во времени производилось системой, использующей развертку бегущим лучом. Принцип развертки бегущим лучом можно пояснить с помощью рис. 56. Развертка осуществляется проекционной электронно-лучевой трубкой. Экран последней прочерчивался в определенной последовательности электронным пучком, создавая последовательность световых вспышек, соответствующую перемещению пучка. С помощью объектива бегущее световое пятно проецируется на фотопленку с заснятым на нее изображением. В каждый отдельный момент просвечи-

вается только один элемент фотопленки. Световой пучок, прошедший через элемент фотопленки, направляется затем на фотокатод фотоэлектронного умножителя, на выходе которого создается видеосигнал.

Полученные сигналы усиливаются и подводятся затем к радиопередающему устройству. Здесь сигналы модулируют колебания высокой частоты и излучаются передающей антенной в пространство.

Сигналы изображения на приемной стороне телевизионной системы с медленной разверткой можно фиксировать различными способами: на фотопленку, на магнитную ленту в аппаратах магнитной записи и на специальных трубках с длительным сохранением видимого изображения. Можно также производить запись изображений на электрохимической бумаге (как в фототелеграфных аппаратах).

Регистрация сигналов изображения различными способами позволяет осуществить необходимое резервирование и производить визуальный контроль процесса передачи, она необходима для устранения специфических искажений, вызванных особенностями линий радиосвязи и самих регистрирующих устройств.

Важнейшей проблемой, возникшей при осуществлении передачи изображения невидимой с Земли стороны Луны, явилась проблема передачи радиосигналов на большие расстояния. Сложность задачи усугублялась тем, что по соображениям экономии энергии источников питания мощность бортовых радиопередатчиков была установлена всего в несколько ватт. Кроме того, излучалась эта энергия с помощью ненаправленных антенн. Таким образом, до приемной станции на Земле доходила лишь ничтожная доля энергии, излученной радиопередатчиком бортовой станции. Прием слабых сигналов ограничивался помехами радиоприему.

Для получения изображения высокого качества необходимо, чтобы мощность сигнала значительно превышала мощность шумов.

Ориентировочный расчет показывает, что если передавать 25 кадров в секунду при числе строк 1 000, то обеспечиваемая радиопередатчиком межпланетной станции мощность оказывается в десятки тысяч раз меньше мощности, необходимой для воспроизведения изображения высокого качества.

Для увеличения отношения сигнал/шум необходимо

значительно сократить полосу частот передаваемых сигналов. Сокращение полосы частот было произведено за счет понижения скорости передачи сигналов изображения Луны в десятки тысяч раз. Это позволило осуществить передачу изображений на космические расстояния.

Определенную роль при осуществлении передачи радиосигналов на космические расстояния сыграли разработка очень чувствительных радиоприемников и применение на приемной станции направленных антенн.

Телевизионные системы с длительным накоплением и стандартными развертками. В таких системах световое изображение передаваемого объекта проецируется на светочувствительную поверхность передающей телевизионной трубки в течение длительного времени, обычно во много раз превышающего период кадра. На мишени передающей трубки происходит накопление зарядов; коммутирующий пучок электронов при этом заперт. В конце процесса накопления электронный пучок отпирается и считывает путем однократной коммутации каждого элемента образовавшийся на мишени потенциальный рельеф. Полоса частот образующегося при этом телевизионного сигнала определяется длительностью кадра считывания и числом элементов изображения. Для воспроизведения изображения можно использовать один из способов, применявшихся в вышеописанной системе регистрации сигналов изображения Луны.

Системы с длительным накоплением используются, в частности при проведении астрономических исследований. Перспективность применения телевизионных методов в астрономии определяется следующим. Фиксация изображений небесных тел фотографическими методами связана с определенными ограничениями, обусловливаемыми, с одной стороны, малой освещенностью фотопленки при проецировании на нее изображений небесных тел и, с другой стороны, недостаточной светочувствительностью фотопленок. Фотокатоды передающих телевизионных трубок принципиально значительно более чувствительны к свету, чем фотопленки.

Поэтому применение телевизионных методов значительно повышает эффективность регистрации наблюдений слабых оптических изображений, позволяя значительно сокращать время экспозиции.

Сокращение времени экспозиции позволяет сохранять резкость изображений. Используя телевизионные методы,

удавалось получать снимки небесных объектов с выдержкой 1/50 — 2,5 *сек*, тогда как использование обычных методов фотографической фиксации изображений требовало получасовых выдержек.

Увеличение времени накопления повышает чувствительность передающих трубок. Предел удлинения эффективного времени накопления определяется типом передающей трубки. Система с длительным накоплением может быть построена на существующих трубках типа ортикон, суперортикон или суперортикон с дополнительный секцией электронно-оптического усиления. С этими трубками осуществляют накопление в течение нескольких секунд и даже минут. Для доведения времени накопления до нескольких часов были предложены специальные конструкции трубок.

Достоинством методов фотоэлектрического преобразования является также возможность использования электромагнитных колебаний в большом диапазоне длин волн.

При использовании телевизионного метода исследований из видеосигнала можно вычесть сигнал от равномерного светового фона и тем самым повысить контрастность в нужном диапазоне сигналов. Этот контраст может быть увеличен еще в большей степени за счет использования усилителей с регулируемой нелинейностью амплитудных характеристик передачи. Использование телевизионного метода позволяет увеличить яркость изображения после телескопа, компенсировать смещения (дрожания) изображения из-за атмосферных помех, передавать изображения от телескопа на большие расстояния, получать на экранах видеоконтрольных устройств изображения, доступные наблюдению большим группам людей. Использование телевизионных устройств в астрономии позволяет плавно регулировать масштаб, контрастность, яркость изображений при одинаковом времени выдержки во время фотографирования с экрана телевизора.

Достоинства телевизионных методов в астрономии будут все более отчетливо проявляться по мере совершенствования передающих телевизионных трубок.

Создание более чувствительных передающих трубок позволит избежать размазывания сравнительно ярких изображений, например планет, из-за быстро изменяющейся рефракции света в атмосфере. А это в свою очередь позволит фиксировать изображения планет, которые до настоящего времени можно наблюдать лишь визуально.

Внеземные обсерватории. Создание обесерваторий за пределами земной атмосферы позволит полностью избежать искажений изображения, обусловленных атмосферными помехами. Носителями этих заатмосферных обсерваторий могут явиться, в частности, искусственные спутники Земли. При сооружении обсерваторий на искусственных спутниках можно будет упростить конструкцию телескопов благодаря отсутствию силы тяжести. Наблюдения с заатмосферных обсерваторий не будут ограничены временем суток. Эти обсерватории позволят наблюдать и фиксировать изображения звезд и звездных скоплений, которые недоступны земным телескопам. Значительно расширится спектр электромагнитных колебаний, применяемых для наблюдения за небесными телами. Последнее будет достигнуто также благодаря отсутствию между оптическим инструментом и наблюдаемым объектом толщи атмосферы.

С помощью оптических инструментов, установленных на внеземных обсерваториях, будут изучать не только удаленные от нас небесные тела. Объективы этих инструментов будут направлены и на нашу родную планету. Эти наблюдения будут иметь большую научную и практическую ценность.

Все данные, собранные заатмосферными обсерваториями, будут доставлены на Землю с помощью телевизионных устройств. Точнее говоря, эти данные уже доставляются на Землю с помощью телевизионных средств, ибо заатмосферные станции уже начали служить человеку. Для получения информации об объекте наблюдения в настоящее время применяются различные системы.

На ряде спутников, предназначенных для получения карт земной поверхности или наблюдения за облачностью, используются системы, где при развертке изображения используются движение и вращение самого спутника. В качестве фотоэлектрических преобразователей здесь используются фотоэлементы, работающие в видимой и инфракрасной области спектра электромагнитных колебаний.

Такая система, в частности, использовалась на искусственном спутнике Земли «Авангард-II» (США). Развертка просматриваемого пространства по строкам здесь осуществлялась за счет вращения спутника вокруг своей оси, кадровая развертка создавалась за счет поступательного движения спутника по орбите. Для обеспечения непрерывного наблюдения на спутнике установлены две одинаковые

оптические системы, ориентированные под углом 45° к оси вращения спутника.

Сигналы изображения записывались на магнитную ленту. Передача записанной информации на Землю производилась по команде, поступающей с наземной станции.

С помощью этой системы воспроизводилось изображение распределения облаков на фоне моря или суши. При высоте полета 800 *км* и угла поля зрения 1,1° разрешающая способность системы составляла 15 *км*.

Более совершенными являются системы, в которых для получения изображения используются электронные телевизионные системы.

В литературе описана система, примененная для передачи на Землю изображений Солнца со стратостата. На стратостате устанавливался 300-миллиметровый рефлектор; создаваемое им изображение солнечной поверхности записывалось кинокамерой на пленку. Один раз в секунду изображение с помощью телевизионной камеры и радиопередатчика передавалось на Землю. Ширина полосы частот линии радиосвязи составляла 200 *кгц*. Дальность действия радиолинии была равной 250 *км*. Схема установки была собрана на полупроводниковых приборах. Использовалась построчная развертка на 500 строк.

Наличие телевизионной установки позволяло производить дистанционное управление оптической фокусировкой и направлением визирования телескопа. Высота подъема стратостата с оборудованием достигала 30 *км*.

На метеорологическом спутнике «Тирос-1» (запущенном в США в 1960 г.) были установлены две телевизионные камеры для передачи на Землю изображения облачного покрова над областью, расположенной вокруг земного шара между 50° северной широты и 15° южной широты.

С помощью «широкоугольной» телевизионной камеры с низкой разрешающей способностью (2,4 *км* в центре и 5 *км* по краям) производилось наблюдение площади, имеющей форму квадрата со стороной 1 300 *км*. «Узкоугольная» камера обладала большей разрешающей способностью и была предназначена для передачи изображений малых площадей (50×50 *км*), находящихся в центре большого квадрата (обозреваемого «широкоугольной» камерой). Разрешающая способность «узкоугольной» камеры позволяла различать объекты величиной 100×100 *м*.

Каждая из телевизионных камер, установленных на спутнике, состояла из двух частей: передающей трубки ти-

на видикон диаметром 12 *мм* и затвора, расположенного в фокальной плоскости объектива и обеспечивающего экспозицию 1,5 *мсек*. Наличие этого затвора позволяло «накапливать» кадровые изображения на светочувствительной поверхности трубки и считывать их с помощью электронного пучка. Развертка производилась на 500 строк при одном кадре за 2 *сек*. Ширина полосы частот сигнала изображения составляла 62,5 *кгц*.

За три мес. существования спутника было получено 22 952 кадра, изображающих участки поверхности Земли или облачного покрова. На полученных снимках различаются очертания участков суши, моря, крупные реки, а также облачные образования. Полученные изображения позволили установить неизвестный ранее факт наличия спиральной структуры штормовых облаков с «диаметром» порядка 2 200 *км*, вращающихся вокруг «центра» спирали.

Подготовка к полету человека в космос. Полет человека в космос требует преодоления многочисленных трудностей, решения многих серьезных задач. С тем, чтобы сделать полет человека в космос безопасным и возвращение на Землю надежным, необходимы тщательные испытания и отработка созданных конструкций, необходима проверка воздействия условий, имеющихся на космическом корабле, на живые организмы.

15 мая 1960 г. в нашей стране был осуществлен запуск космического корабля на орбиту спутника Земли. 19 августа того же года советские люди осуществили успешный запуск второго космического корабля. При полете этого корабля был проведен ряд медико-биологических экспериментов и осуществлена программа научных исследований космического пространства. После решения этих задач огромный космический корабль вместе со своими пассажирами — собаками и другими живыми существами — благополучно возвратился на Землю.

Информация о состоянии подопытных животных, физических условиях в кабине и приборном отсеке, о работе бортовой аппаратуры передавалась с помощью радиотелеметрических систем на наземные измерительные пункты. Однако объективные данные о физиологических функциях подопытных животных трудно в полной мере обобщить, если отсутствует возможность одновременного прямого наблюдения за животными. Для этой цели на втором корабле-спутнике была установлена телевизионная система.

Когда корабль-спутник находился в зоне действия на-

земных приемных пунктов, передавались радиотелевизионные сигналы. Одновременно происходила запись телевизионных изображений на кинопленку. При этом производилась и запись меток времени, синхронных с метками времени, создаваемых на телеметрических пленках. Это дало возможность сопоставить непосредственные наблюдения за животными с объективными данными об изменениях их физиологических функций, переданных на Землю с помощью телеметрической системы.

Передача изображений собаки Белки производилась в анфас телевизионной камерой, установленной на люке контейнера. Вторая камера через боковое окно передавала изображения собаки Стрелки в профиль. Это камера была установлена в кабине корабля.

Еще до взлета космического корабля началась эта необычная телевизионная передача. Состояние животных наблюдалось на участках взлета и в момент перехода от перегрузок к невесомости и затем на всех 18 оборотах, когда корабль-спутник имел связь с любой из наземных радиоприемных станций. Сигналы изображения подводились к бортовому радиопередатчику от двух камер по очереди. При этом имелась возможность переключения камер в любой момент передачи.

На Земле принятые сигналы подводились к видеоконтрольным устройствам, на экранах которых и наблюдались движущиеся изображения Белки и Стрелки. Кроме устройств визуального наблюдения, производилась регистрация сигналов различными способами. Одним из этих способов являлась запись изображений на кинофотопленку. Полученные телевизионные фильмы имеют большое научное и познавательное значение.

С целью уменьшения веса, габаритов и уменьшения потребления электрической энергии бортовой телевизионной аппаратурой число строк разложения и число кадров были значительно сокращены (по сравнению с телевизионным вещанием). Сокращение числа строк и кадров позволило резко сократить ширину полосы передаваемых сигналов изображения.

Передача изображений Белки и Стрелки — это первая в мире передача движущихся изображений из космоса на Землю. Во всех предыдущих экспериментах из космоса на Землю передавались неподвижные изображения, записанные предварительно на кинофотопленку или магнитную ленту. Это является еще одним доказательством весьма вы-

сокого уровня развития телевизионной техники в нашей стране.

Первый полет человека в космос. Советский человек полетел в космос лишь тогда, когда была создана и многократно проверена кабина с нормальными для человека условиями существования, когда была отработана надежная система взлета и посадки, когда были созданы надежные, перекрывающие друг друга системы управления кораблем, когда были проверены системы спасения, когда были определены высота и маршрут полета, вполне безопасные для человека с точки зрения влияния космического излучения.

12 апреля 1961 г. миллионы рук советских людей взметнули в космос корабль «Восток», на борту которого находился наш соотечественник летчик-космонавт Ю. А. Гагарин.

В этом событии огромную роль сыграла советская радиоэлектроника. Радиоэлектронные средства входили в системы управления космическим кораблем, в оборудование, необходимое для поддержания условий нормальной жизнедеятельности человека, они составляли основу радиотелеметрических систем. Уникальное электронное оборудование работало на наземных станциях и в вычислительном центре. Во время полета и подготовки к нему Ю. А. Гагарин поддерживал двустороннюю радиотелефонную и радиотелеграфную связь с наземным центром руководства полетом. С помощью телевизионной системы непрерывно производился визуальный контроль за состоянием героя. На Землю передавалось два изображения Ю. А. Гагарина (в фас и профиль).

Первый в истории человечества полет человека в космос — новое яркое доказательство огромных успехов советской науки и техники, и в том числе радиоэлектроники.

Первые международные телевизионные передачи из СССР. 14 апреля 1961 г. Москва торжественно встречала и чествовала героя-космонавта Ю. А. Гагарина. Эту телевизионную передачу смотрели и слушали миллионы советских телезрителей — программа передавалась по междугородным телевизионным линиям на 29 телевизионных центров областных и республиканских городов и десятки ретрансляционных станций СССР.

Вместе с трудящимися нашей Родины программу Центрального телевидения смотрели миллионы телезрителей Германской Демократической Республики, Венгерской На-

родной Республики, Чехословацкой Социалистической Республики, Польской Народной Республики, Австрии, Англии, Голландии, Германской Федеративной Республики, Франции, Италии, Швеции, Финляндии, Бельгии, Дании, Швейцарии. Телевизионные сигналы из Москвы передавались через Ленинград в Таллин. Передача из Таллинского телецентра принималась в Хельсинки и далее транслировалась в Стокгольм, Копенгаген, Гамбург, Берлин, Лондон, Варшаву, Прагу, Будапешт и другие города. Звуковое сопровождение передавалось в зарубежные страны по кабельным линиям связи на русском, венгерском, английском, немецком и французском языках.

Телевизионные компании Англии, Австрии, Италии и некоторых других стран произвели запись телепередачи из Москвы для повторения. Магнитная лента из Англии была направлена самолетом в США. Триумфальная встреча Ю. А. Гагарина была в тот же день показана телезрителям различных стран американского континента. 15 апреля 1961 г. была осуществлена международная телевизионная передача пресс-конференции Ю. А. Гагарина.

К 1 мая 1961 г. в нашей стране было закончено сооружение двух радиорелейных линий, с помощью которых междугородная телевизионная сеть СССР получила два независимых выхода — через Финляндию на западноевропейские страны и через Польшу в Чехословакию, ГДР и Венгрию. Праздничные первомайские программы Центрального телевидения снова смотрели и слушали во многих странах Европы.

С вводом указанных двух радиорелейных линий улучшилось качество передачи и одновременно получена возможность приема телевизионных передач из европейских стран в Советском Союзе. По телевизионной сети СССР транслировались неоднократно передачи из Праги, Варшавы, Лондона.

У нас ведется строительство новых мощных радиорелейных линий, с помощью которых междугородная телевизионная сеть СССР получит непосредственное соединение с сетями не только Чехословакии, Венгрии, Польши, но и Румынии и через Румынию с телевизионной сетью Болгарии. Строительство радиорелейных линий аналогичного назначения ведется на территории упомянутых стран.

ЛИТЕРАТУРА

Ангелов А. С., Кольцов В. Г., Телевизоры на транзисторах, «Техника кино и телевидения», 1959, № 11.

Бабенко В. С., Телевидение в кино, «Искусство», 1958.

Богатов Г. Б., Электролюминесценция и возможности ее применения, Госэнергоиздат, 1960.

Богатов Г. Б., Как было получено изображение обратной стороны Луны, Госэнергоиздат, 1960.

Бялик Г. И., Проблемы телевидения (на укр. яз.), Гостехиздат Украины, 1958.

Богатов Г. Б. и Бялик Г. И., Прикладные телевизионные установки, Госэнергоиздат, 1959.

Богатов Г. Б., Телевидение на Земле и в космосе, Изд. АН СССР, 1961.

Гуревич М. М., Цвет и его измерение, АН СССР, 1950.

Гурфинкель Б. Б., О возможности сжатия спектра частот в телевидении при помощи статистического согласования, Труды МТФЛ, 1956, вып. 2 и 3.

Габор, Стюарт, Калман, Новая электронно-лучевая трубка для черно-белого и цветного телевидения, «Радиотехника и радиоэлектроника за рубежом», 1959, № 4.

Жижневский Г. О., Перспективы развития телевидения в СССР, «Техника кино и телевидения», 1961, № 1.

Игнатьев Н. К., Кустарев А. К., О методах сужения спектра телевизионного сигнала, «Электросвязь», 1959, № 8.

Казначеев Ю. И., Широкополосная дальняя связь по волноводам, АН СССР, 1959.

Кайвер М. С., Основы цветного телевидения. ИЛ, 1957.

Катаев С. И., Некоторые перспективы развития техники телевизионного вещания, «Техника кино и телевидения», 1960, № 6.

Кафтанов С. В., Задачи дальнейшего развития техники телевизионного вещания, «Техника кино и телевидения», 1960, № 1.

Кинотелевизионная техника, Сб. переводных материалов под ред. Бургова В. А. , «Искусство», 1959.

Кривошеев М. И., Виноградов В. Н., Развитие технических средств телевизионного вещания, Связьиздат, 1960.

Крейцер В. Л., Одновременная система цветного телевидения, «Радио», 1959, № 2, 3.

Пархоменко В. И., Установка для записи телевизионных изображений на магнитную ленту, «Техника кино и телевидения», 1960, № 1.

Просин А. В., Цветков А. Н., Радиорелейные линии связи, АН СССР, 1958.

Цуккерман И. К., Методы сужения спектра частот в телевидении, «Техника кино и телевидения», 1958, № 5.

Салгус К. К., Принципы построения совместимых систем цветного телевидения, Госэнергоиздат, 1959.

Самойлов В. Ф., Статистические свойства телевизионного сигнала и требования к пропускной способности канала связи, Связьиздат, 1955.

Техника цветного телевидения, Сб. статей, перевод Кустарева А. К., «Советское радио», 1959.

Тельнов Н. И., Телевизионная проекция на большие экраны, «Техника кино и телевидения», 1960, № 1.

Товбин М., Системы цветного телевидения без квадратурной модуляции, «Радио», 1959, № 12.

Шмаков П. В., Основы цветного и объемного телевидения, «Советское радио», 1954.

Цена 42 коп.